

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Renata Calixto Campos

**BESOUROS INDICADORES (COLEOPTERA, SCARABAEINAE)  
NA AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÃO AMBIENTAL EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA CONTÍGUOS A CULTIVOS DE MILHO CONVENCIONAL E TRANSGÊNICO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Ecologia

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra Malva Isabel Medina Hernández

Florianópolis

2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

- C198b Campos, Renata Calixto  
Besouros indicadores (Coleoptera, Scarabaeinae) na  
avaliação de alteração ambiental em fragmentos de Mata  
Atlântica contíguos a cultivos de milho convencional e  
transgênico [dissertação] / Renata Calixto Campos ;  
orientadora, Malva Isabel Medina Hernández. - Florianópolis,  
SC, 2012.  
101 p.: grafs., tabs., mapas
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-  
Graduação em Ecologia.
- Inclui referências
1. Ecologia. 2. Diversidade biológica. 3. Besouro. 4.  
Alimentos geneticamente modificados - Milho. I. Hernández,  
Malva Isabel Medina. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDU 577.4

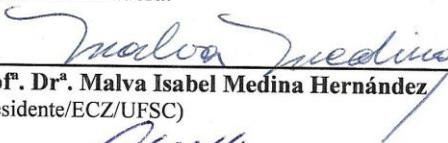
“Besouros indicadores (Coleoptera, Scarabaeinae) na avaliação de alteração ambiental em fragmentos de Mata Atlântica contíguos a cultivos de milho convencional e transgênico”

por

**Renata Calixto Campos**

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (Port. 05/PPGECO/2012) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFSC, composta pelos Professores Doutores:

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof.ª Dr.ª Malva Isabel Medina Hernández**  
(Presidente/ECZ/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello**  
(IB/UFMT)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Rubens Onofre Nodari**  
(CCA/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Benedito Cortês Lopes**  
(ECZ/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Florianópolis, 24 de fevereiro de 2012.

Ao meu marido, Daniel, e à minha mãe,  
Dacira, pela confiança e apoio.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que de uma maneira ou de outra contribuíram para o sucesso desse trabalho.

Ao Daniel, marido e amigo, sempre me aconselhando nos momentos bons e ruins, ajudando no campo quando foi preciso, ouvindo as reclamações ao longo do percurso, lendo os esboços, ajudando nos gráficos, enfim, me apoiando em tudo.

A minha mãe que sempre foi uma grande incentivadora do mestrado.

A minha irmã pela amizade e por ouvir meus desabafos nas horas de desespero.

À família de Belo Horizonte, meu pai, tias (Sonia e Yeda) e tio Kleber (*in memoriam*) que, mesmo de longe, sempre torceram por mim.

Aos meus cunhados Claudia e André, concunhado Júnior e sogros Nildo e Marli por todo carinho e incentivo ao longo do percurso.

Ao pessoal da turma do mestrado e aos professores, pelas discussões, conversas, aprendizados e confraternizações.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Terrestre Animal (LECO-TA/UFSC), pelo companheirismo e ajuda no trabalho. Em especial à Gabriela Corso pela ajuda no campo e amizade, ao Andros Gianuca pelas conversas e ao Pedro Giovani da Silva pelas colaborações e leitura dos capítulos.

À Epagri (Campos Novos) e CIDASC, em especial ao Gilmar Espanhol pela intermediação e ajuda na escolha das fazendas onde foram realizadas as coletas. Aos fazendeiros de Campos Novos e Zortéa pela permissão de coleta nas suas propriedades.

Ao Projeto Genok e Professor Rubens Nodari, do CCA/UFSC, pelo apoio logístico, em especial a Elena Rocca pelo primeiro contato com o trabalho em Campos Novos e pelo apoio quando tudo parecia que não ia dar certo.

Ao Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello, da Universidade Federal de Mato Grosso, pela confirmação da identificação dos besouros.

Às Professoras Josefina Steiner e Anne Zillikens pelo apoio e incentivo desde a graduação.

Ao Professor Nivaldo Peroni por sempre se mostrar disponível em responder minhas dúvidas.

Ao Professor Benedito Cortês Lopes por aceitar ser meu orientador quando ingressei no mestrado.

À Professora Malva Isabel Medina Hernández, por ter me convidado a participar deste trabalho, pela amizade, incentivo e pela ajuda na preparação, execução e elaboração desta dissertação.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado e apoio financeiro ao projeto.

## RESUMO

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são organismos extremamente importantes no funcionamento dos ecossistemas tropicais. A maioria das espécies se alimenta de fezes (coprófagos), principalmente de mamíferos, ou de carcaças (necrófagos). Os escarabeíneos apresentam estruturas de comunidades que os tornam bons indicadores de diversidade. Algumas espécies possuem alta especificidade de habitat e são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat. O presente trabalho visa estudar a composição e a estrutura de comunidades de besouros escarabeíneos que habitam áreas de fragmentos florestais nativos em meio a cultivos de milho convencional e de milho transgênico, com a finalidade de detectar possíveis impactos da fragmentação e do uso dos transgênicos em organismos associados por meio da cadeia trófica. O estudo foi realizado na região de Campos Novos /SC onde foram estabelecidas vinte áreas amostrais de fragmentos de Mata Atlântica: dez áreas contíguas a cultivos de milho transgênico e dez áreas contíguas a cultivo de milho convencional. As coletas dos besouros escarabeíneos foram realizadas de forma intensiva durante fevereiro de 2011, com 200 armadilhas iscadas com fezes humanas (100) e com carne em decomposição (100). Para cada fragmento foram feitas medidas de complexidade ambiental, do tamanho do fragmento e da distância aos demais fragmentos. Foram coletados 1502 besouros de 33 espécies: 805 escarabeíneos de 27 espécies em 10 fragmentos adjacentes a milho convencional e 697 escarabeíneos de 27 espécies em 10 fragmentos adjacentes a milho transgênico. Houve diferenças na estrutura das comunidades de escarabeíneos provenientes dos dois tipos de ambientes. O tamanho, a distância e a complexidade ambiental dos fragmentos influenciaram, mas não explicaram as diferenças da comunidade nos dois tipos de cultivo. O grupo funcional dos residentes teve grande importância nos fragmentos em meio ao milho transgênico e houve uma perda dos escavadores e rodadores nos fragmentos em meio ao milho transgênico, o que pode estar alterando o papel dos escarabeíneos na regeneração da floresta. As espécies *Onthophagus tristis*, *Uroxys aff. terminalis*, *Ontherus sulcator* e a roladora *Canthon chalybaeus* foram indicadoras de fragmentos em meio a milho convencional e *Eurysternus francinae* e *Eurysternus parallelus*, ambas residentes, foram indicadoras de fragmentos em meio ao milho transgênico. A diminuição dos besouros escavadores e rodadores nos fragmentos em meio ao milho transgênico poderá vir a afetar os serviços

ecossistêmicos dos escarabeíneos, o que em longo prazo pode ter efeitos na ciclagem de nutrientes e na regeneração da floresta.

Palavras-chave: diversidade, ecologia, escarabeíneos, fragmentos, indicadores ecológicos, transgênicos

## ABSTRACT

The beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) are important organisms that participate in the cycle of decomposition of tropical ecosystems. Most species feed on feces (dung) or carcasses (carrion) and are associated with animals that produce their food resources. Dung beetles are divided into three functional groups, depending on the behavior of resource allocation during the reproduction: the rollers, tunnellers and dwellers. Some species of Scarabaeinae have high habitat specificity and are strongly influenced by habitat loss and fragmentation. This study aimed to investigate the composition and structure of dung beetle communities (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting areas of forest fragments within conventional and transgenic maize plantations; the purpose was to detect possible impacts of the use of transgenic in non-target organisms associated through the food chain. The study was conducted in the region of Campos Novos/SC where they were established twenty sample areas of Atlantic Forest fragments. Samplings of dung beetles were conducted with 200 traps "pit-fall," 100 baited with human feces and 100 baited with carrion. In each fragment were also made measurements of fragment size and environmental complexity. Were collected 1502 dung beetles, divided into six tribes, 12 genera and 33 species: 805 dung beetles of 27 species in 10 fragments adjacent to the conventional maize and 697 dung beetles of 27 species in 10 fragments adjacent to transgenic maize. With the Levins index 11 species were classified as coprophagous, ten generalists and two necrophagous. There were significant differences in the community structure of the two types of fragments. The size, distance between fragments and environmental complexity of the fragments influenced, but did not explain the differences of the community in both types of crops. The functional group dwellers was more representative in the fragments in the midst of transgenic maize with *Eurysternus francinae* and *Eurysternus parallelus* (dwellers) was indicator in the fragments of transgenic maize and *Onthophagus tristis*, *Uroxys aff. terminalis*, *Ontherus sulcator* (tunnellers) and *Canthon chalybaeus* (roller) were indicator in fragments in the midst of conventional maize. The decrease of the tunnellers and rollers in fragments in the midst of the transgenic maize result in loss of ecosystem services and their role in nutrient cycling and forest regeneration may be being modified.

Palavras-chave: diversity, Ecology, dung beetles, forest fragments, indicators, transgenic.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1-** Distribuição de abundância  $\log(X+1)$  dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho na região de Campos Novos, SC.....13
- Figura 2-** Diagrama de distribuição de biomassa em  $\log(X+1)$  da metacomunidade dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em 20 fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC.....17
- Figura 3-** Análise de Correspondência Canônica entre as espécies de escarabeíneos e as variáveis ambientais em 20 fragmentos de Mata Atlântica no município de Campos Novos, SC. Ser = altura serapilheira, SoEx = solo exposto, Dssl = dossel, Alt árv = altura da árvore, AB arv= área basal da árvore, CS = cobertura de serapilheira, A arb = altura arbusto, AB arb = área basal do arbusto, Dst árv = distância da árvore, CV =cobertura de área verde, Dst arb = distância ao arbusto.As espécies estão assinaladas com as três primeiras letras do gênero seguidas das três primeiras letras do nome específico.....19

### Capítulo 2

- Figura 1-** Mapa do Brasil indicando o Município de Campos Novos no estado de Santa Catarina e esquema mostrando a distribuição espacial dos vinte fragmentos florestais onde foram coletados os escarabeíneos nas proximidades de Campos Novos, SC. ■: fragmentos em meio ao milho convencional, ▲: fragmentos em meio ao milho transgênico.....39
- Figura 2-** Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais nos 20 fragmentos na região de Campos Novos, SC. ■: fragmentos em meio de milho convencional, ▲: fragmentos em meio de milho transgênico.....44
- Figura 3-** Curva de acumulação de espécies (Mao Tau) de besouros escarabeíneos nos 20 fragmentos, amostrados com armadilhas de queda iscadas, em fevereiro de 2011, na região de Campos Novos, SC.....51
- Figura 4-** Distribuição de abundância (linha) e de biomassa (barra), em  $\log(X+1)$ , dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em fragmentos em meio ao milho convencional na região de Campos Novos, SC.....53
- Figura 5-** Distribuição de abundância (linha) e de biomassa (barra), em  $\log(X+1)$ , dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em fragmentos em meio ao milho transgênico na região de Campos Novos, SC.....54

<b>Figura 6-</b> Escalonamento Multidimensional (MDS) das comunidades de Scarabaeinae em 20 fragmentos em Campos Novos, SC. O círculo maior agrupa com similaridade de Sorensen de 40%. Os círculos menores mostram 4 grupos com similaridade de 60%. T = fragmentos adjacentes ao milho transgênico, C = fragmentos adjacentes ao milho convencional.....	56
<b>Figura 7-</b> Escalonamento Multidimensional (MDS) das comunidades de Scarabaeinae em 20 fragmentos em Campos Novos, SC. Os círculos agrupam com similaridade de Bray Curtis de 40%. T = fragmentos adjacentes ao milho transgênico, C = fragmentos adjacentes ao milho convencional.....	57
<b>Figura 8-</b> Distribuição das medidas ecológicas das comunidades de escarabeíneos em relação ao tamanho dos fragmentos ( $\log \text{ área em m}^2$ ): abundância de indivíduos $\log (x+1)$ , riqueza (S), biomassa total (em g) e diversidade (Shannon). ■: fragmentos em meio de milho convencional, ▲: fragmentos em meio de milho transgênico.....	58
<b>Figura 9-</b> Distribuição das medidas ecológicas das comunidades de escarabeíneos em relação ao primeiro componente principal (PC1): abundância de indivíduos $\log (x+1)$ , riqueza (S), biomassa total (em g) e diversidade (Shannon). ■: fragmentos em meio de milho convencional, ▲: fragmentos em meio de milho transgênico.....	59
<b>Figura 10-</b> Distribuição de abundância (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho convencional na região de Campos Novos, SC.....	61
<b>Figura 11-</b> Distribuição de abundância (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho transgênico na região de Campos Novos, SC.....	61
<b>Figura 12-</b> Distribuição de biomassa (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho convencional na região de Campos Novos, SC.....	62
<b>Figura 13-</b> Distribuição de biomassa (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho transgênico na região de Campos Novos, SC.....	62
<b>Figura 14-</b> Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) <i>Canthon aff. chalybaeus</i> e (b) <i>Ontherus sulcator</i> em cada fragmento. ....	64
<b>Figura 15-</b> Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) <i>Uroxys</i>	

*aff. terminalis* e (b) *Onthophagus tristis* em cada fragmento.

.....65

**Figura 16-** Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) *Eurysternus francinae* e (b) *Eurysternus parallelus* em cada fragmento.....66

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

**Tabela 1-** Características ecológicas das espécies de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em 20 fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC, em fevereiro de 2011. Tamanho (G: grande, M: médio, P: pequeno). Grupo funcional definido a partir da literatura (P: paracoprídeo, T: telecoprídeo, E: endocoprídeo). Preferência alimentar (C: coprófago, G: generalista, N: necrófago). N: número de indivíduos. Preferência alimentar definida pelo índice padronizado de Levins ( $B_a$ ).....14

### Capítulo 2

**Tabela 1-** Resultado da Análise de Componentes Principais para os componentes 1 e 2, destacando-se as variáveis que tiveram maior influência em cada vetor. ....45

**Tabela 2-** Área, distância ao fragmento mais próximo, primeiro componente principal (PCA1), segundo componente principal (PCA2) dos 20 fragmentos onde os besouros escarabeíneos foram coletados em Campos Novos, SC. C- fragmentos em meio ao milho convencional, T-: fragmentos em meio ao milho transgênico.....46

**Tabela 3-** Espécies de Scarabaeinae coletadas em 20 fragmentos (fev/2011) em Campos Novos/SC, Brasil. (\*) indica espécies encontradas somente em um fragmento. S: Número de espécies, N: número de indivíduos, Trans: fragmentos contíguos a milho transgênico, Conv: fragmentos contíguos a milho convencional, Peso médio de indivíduos, GF: guilda funcional, E: endocoprídeo, P: paracoprídeo, T: telecoprídeo.....49

**Tabela 4-** Abundância, Riqueza observada, estimadores de riqueza Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1 (com intervalos de confiança de 95%), biomassa média das espécies por fragmento e biomassa total calculados para as comunidades de besouros Scarabaeinae nos fragmentos em meio ao milho transgênico e convencional na região de Campos Novos, SC.....52

**Tabela 5-** Valores da Correlação de Spearman entre o tamanho do fragmento (log) e as medidas ecológicas dos grupos funcionais da comunidade de Scarabaeinae coletadas na região de Campos Novos, SC. T: fragmentos em meio ao milho transgênico, C: fragmentos em meio ao milho convencional.....60

**Tabela 6-** Resultado do teste de Valor Indicador Individual (IndVal) das cinco espécies de escarabeíneos com preferência significativa por algum tipo de fragmento, em meio ao cultivo de milho convencional e em meio ao cultivo de milho transgênico.....63

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	1
--------------------	---

### **CAPÍTULO 1. COMUNIDADE DE BESOUROS ESCARABÉINEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NA PORÇÃO AUSTRAL DA MATA ATLÂNTICA, SANTA CATARINA, BRASIL**

RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	6
INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAIS E MÉTODOS .....	9
RESULTADOS .....	12
DISCUSSÃO.....	20
CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

### **CAPÍTULO 2. ALTERAÇÃO NA DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS EM COMUNIDADES DE BESOUROS DETRITÍVOROS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA CONTÍGUOS A CULTIVOS DE MILHO TRANSGÊNICO**

RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
INTRODUÇÃO.....	35
MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
RESULTADOS .....	43
DISCUSSÃO.....	67
CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

CONCLUSÕES GERAIS.....	83
------------------------	----

### APÊNDICE

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho é o resultado de uma pesquisa realizada como requisito para a obtenção do título de mestre em Ecologia e segue as normas do Programa de Pós-Graduação e da Universidade Federal de Santa Catarina para trabalhos acadêmicos. Foi financiado com bolsa de mestrado dentro do projeto “Insetos indicadores utilizados para avaliação de alteração ambiental em fragmentos de Mata Atlântica contíguos a cultivos de milho transgênico e convencional” Edital MCT/CNPq 70/2009 - Mestrado/Doutorado, processo 553880/2010 e com recursos do projeto “Dinâmica populacional e ecologia comportamental de besouros decompositores da subfamília Scarabaeinae: importância do funcionamento do ecossistema em fragmentos de Mata Atlântica” Edital MCT/CNPq 014/210-Universal processo 479203/2010-5.

O trabalho visa estudar a composição e a estrutura de comunidades de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) que habitam áreas de fragmentos florestais em meio a cultivos de milho convencional e de milho transgênico, com a finalidade de detectar possíveis impactos da fragmentação e do uso dos transgênicos em organismos associados por meio da cadeia trófica.

Os besouros escarabeíneos participam ativamente da ciclagem de nutrientes, utilizando matéria orgânica em decomposição na alimentação tanto de larvas como de adultos. São frequentemente utilizados como indicadores ecológicos, já que mudanças ambientais provocam mudanças na estrutura e composição das comunidades.

O uso na agricultura de plantas transgênicas, ou geneticamente modificadas (GM), que expressam genes com atividade inseticida, representa uma alternativa para o controle de insetos pragas. No entanto, algumas dúvidas em relação à entomofauna associada aos cultivos transgênicos têm despertado o interesse dos pesquisadores e dos órgãos de regulamentação. Os principais questionamentos são: a possibilidade das plantas transgênicas afetarem os organismos não-alvo de diferentes níveis tróficos e a possibilidade de evolução de resistência de pragas às proteínas de *Bacillus thuringiensis*, expressas continuamente pelas plantas modificadas, durante todo o ciclo da cultura.

Os efeitos do uso de transgênicos sobre a fauna associada ao longo das teias tróficas são pouco conhecidos e a utilização dos escarabeíneos, um táxon com reconhecida importância para a manutenção dos processos ecológicos, pode servir como uma ferramenta para a detecção de padrões gerais relacionados aos efeitos em cadeia dos transgênicos na fauna silvestre. Se os recursos alimentares dos escarabeíneos apresentam

características especiais, influenciadas, por exemplo, por mudanças alimentares que os consumidores primários tiveram, espera-se que haja alterações tanto na composição quanto na estrutura das comunidades de organismos associados, neste caso, dos detritívoros associados à matéria orgânica em decomposição.

O trabalho de campo foi realizado durante o ano de 2011 em vinte fragmentos de Mata Atlântica em meio a cultivos de milho convencional e transgênico na região do município de Campos Novos, interior do estado de Santa Catarina, utilizando-se de armadilhas de queda para captura de besouros copro-necrófagos, com iscas de fezes e carne.

Os resultados do trabalho são apresentados em dois capítulos na forma de artigos, que serão submetidos à publicação em revistas indexadas, sendo o primeiro submetido à Revista Brasileira de Entomologia, por ser principalmente de interesse regional, e o segundo a Revista PLoS ONE, por ser essencialmente de caráter inovador. Assim, a formatação de cada capítulo responde aos padrões de cada revista.

O primeiro capítulo traz um estudo geral de diversidade, preferência alimentar e preferência de habitat das espécies de Scarabaeinae que habitam os fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, sul do Brasil. Foram coletadas 33 espécies sendo que 23 com abundância suficiente para o cálculo da largura do nicho trófico: 11 coprófagas, 10 generalistas e duas necrófagas. Em relação ao grupo funcional, definido pelo tipo de alocação de recurso no comportamento reprodutivo, foram capturadas 19 espécies do grupo funcional dos escavadores ou paracoprídeos, nove espécies do grupo dos rodadores ou telecoprídeos, e somente quatro espécies residentes ou endocoprídeos. A distribuição de abundância das espécies de escarabeíneos nos fragmentos florestais mostra uma relação das espécies com as características do habitat. Assim, este capítulo contribui fortemente com o conhecimento das espécies que vivem em áreas de fragmentos florestais, assim como com suas características ecológicas.

O segundo capítulo compara os resultados da composição e estrutura de comunidades de escarabeíneos nos fragmentos florestais em meio a plantações de milho convencional e transgênico. Foi observado que as medidas ecológicas dos escarabeíneos foram diferentes nos fragmentos em meio aos dois tipos de cultivo, sendo que nem a complexidade ambiental, nem o tamanho e as distâncias entre os fragmentos explicaram as diferenças. Foi observado que o grupo funcional dos residentes foi mais importante, tanto em abundância como em biomassa, nos fragmentos em meio ao milho transgênico, com uma diminuição nos grupos funcionais dos escavadores e rodadores. Além disso, foram encontradas seis espé-

cies que podem ser utilizadas como indicadoras em fragmentos em meio ao milho convencional, sendo três tuneleiras (*Onthophagus tristis*, *Uroxys aff. terminalis*, *Ontherus sulcator*) e uma roladora (*Canthon chalybaeus*) e duas em fragmentos em meio ao milho transgênico, sendo ambas residentes (*Eurysternus francinae* e *Eurysternus parallelus*). Isto mostra que o uso de milho transgênico em cultivos contíguos a fragmentos de Mata Atlântica está influenciando a comunidade de escarabeíneos, aumentando a abundância dos besouros do grupo funcional dos residentes nestes fragmentos. A diminuição dos besouros escavadores e rodadores nos fragmentos em meio ao milho transgênico poderá vir a afetar os serviços ecossistêmicos dos escarabeíneos, o que em longo prazo pode ter efeitos na ciclagem de nutrientes e na regeneração da floresta.

## CAPÍTULO 1

### COMUNIDADE DE BESOUROS ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NA PORÇÃO AUSTRAL DA MATA ATLÂNTICA, SANTA CATARINA, BRASIL

#### RESUMO

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são organismos que atuam de forma importante no ciclo de decomposição, principalmente dos ecossistemas tropicais. A maioria das espécies se alimenta de fezes (coprófagos) ou de carcaças (necrófagos), estando associados aos animais que produzem seus recursos alimentares; eles são divididos em três grupos funcionais dependendo do comportamento de alocação de recursos durante a reprodução: os rodadores ou telecoprídeos, os escavadores ou paracoprídeos e os residentes ou endocoprídeos. Algumas espécies de Scarabaeinae possuem alta especificidade de habitat e são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, o que leva a mudanças na composição e diversidade de espécies quando analisadas em áreas degradadas. O presente trabalho visa estudar a diversidade das comunidades de besouros escarabeíneos que habitam fragmentos florestais de Mata Atlântica, com a finalidade de descrever a ecologia das espécies na região sul do Brasil. O estudo foi realizado na região de Campos Novos /SC onde foram estabelecidas vinte áreas amostrais de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. As coletas dos besouros escarabeíneos foram realizadas com 200 armadilhas de queda, das quais 100 iscadas com fezes humanas e 100 iscadas com carne em decomposição. De cada fragmento também foram feitas medidas do tamanho do fragmento e de complexidade ambiental. Foram coletados 1502 escarabeíneos, distribuídos em seis tribos, 12 gêneros e 33 espécies. Através do índice de largura de nicho de Levins, 11 espécies foram classificadas como coprófagas, dez como generalistas e duas como necrófagas. A maioria das espécies apresentou comportamento tuneleiro (19), nove foram roladoras e somente quatro residentes. A alta riqueza de Scarabaeinae na região de Campos Novos, incluindo várias espécies raras, acrescenta dados importantes para o conhecimento da fauna de Scarabaeinae no centro-oeste do estado de Santa Catarina e pode auxiliar na escolha de áreas prioritárias de conservação, em uma região onde a atividade antrópica, com grandes áreas de monocultura,

cada vez mais ameaça os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista da região.

Palavras chave: Ecologia, diversidade, fragmentos florestais, guilda alimentar, Scarabaeinae

DUNG BEETLES (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) ASSEMBLAGE IN FOREST FRAGMENTS IN SOUTHERN PORTION OF THE ATLANTIC FOREST, SANTA CATARINA, BRAZIL.

**ABSTRACT**

The beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) are important organisms that participate in the cycle of decomposition, especially of tropical ecosystems. Most species feed on feces (dung) or carcasses (carrion) and are associated with animals that produce their food resources. Dung beetles are divided into three functional groups, depending on the behavior of resource allocation during the reproduction: the rollers, tunnellers and dwellers. Some species of Scarabaeinae have high habitat specificity and are strongly influenced by habitat loss and fragmentation. The present work aims to study the diversity of dung beetles communities inhabiting forest fragments of Atlantic Forest in order to know the ecology of the species in southern Brazil. The study was conducted in the region of Campos Novos/SC where they were established twenty sample areas of Atlantic Forest fragments. Samplings of dung beetles were conducted with 200 traps "pit-fall", 100 baited with human feces and 100 baited with carrion. In each fragment were also made measurements of fragment size and environmental complexity. Were collected 1502 dung beetles, divided into six tribes, 12 genera and 33 species. With the Levins index 11 species were classified as coprophagous, ten as generalists and two as necrophagous. The high diversity of Scarabaeinae in the region of Campos Novos, including rare species adds important data to the fauna of Scarabaeinae in the central-western state of Santa Catarina and may helps in the choice of priority areas for conservation in a region, where human activity, with large areas of monoculture, increasingly threatens the remnants of Mixed Ombrophilous Forest in the region.

Key words: diversity, Ecology, feeding guild, forest fragments, Scarabaeinae.

## INTRODUÇÃO

A subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) compreende cerca de 7.000 espécies (ScarabNet, 2011) de besouros extremamente importantes no funcionamento dos ecossistemas tropicais, já que participam ativamente da ciclagem de nutrientes utilizando material orgânico em decomposição na alimentação tanto de larvas como de adultos. A maioria das espécies se alimenta de fezes (coprófagos) ou de carcaças (necrófagos), estando desta forma intrinsecamente associada aos animais que produzem seu recurso alimentar (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Gill, 1991; Hanski, 1991; Estrada *et al.*, 1993; Morelli & González-Vainer, 1997; Estrada *et al.*, 1999; Nichols *et al.*, 2007, 2009; Filgueiras *et al.*, 2009). O principal recurso alimentar utilizado pelos Scarabaeinae são fezes de grandes mamíferos, sendo esta alta especialização na coprofagia o resultado de processos evolutivos (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). Nas florestas neotropicais a presença de grandes mamíferos é reduzida e a necrofagia é mais importante quando comparada às áreas de campo, onde há ausência quase completa de necrófagos (Halffter & Matthews, 1966).

Os escarabeíneos são detritívoros e promovem a remoção do solo e a incorporação da matéria orgânica no ciclo de nutrientes auxiliando na limpeza do ambiente e na regulação das propriedades físico-químicas do solo (Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). Além disso, a construção de túneis por alguns destes besouros permite a aeração e hidratação do solo, assim como a incorporação dos nutrientes presentes nas fezes, carcaças de animais e frutos que são enterrados nessas galerias (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991, Nichols *et al.*, 2007).

O comportamento de nidificação está intimamente relacionado ao uso do recurso alimentar. De acordo com a forma que o recurso é empregado na reprodução, os besouros escarabeíneos são divididos em três grupos funcionais: os rodadores ou telecoprídeos (que rolam uma esfera de alimento sobre a superfície do solo até certa distância da fonte do recurso onde são enterradas); os escavadores ou paracoprídeos (que transportam o recurso alimentar para o interior do solo, fazendo túneis ao lado ou sob o recurso); e os residentes ou endocoprídeos (que não alocam o alimento, utilizando-o diretamente no recurso) (Halffter & Mathews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). Os escavadores e os rodadores podem ainda ser divididos em vários tipos de

padrões de nidificação de acordo com a complexidade do comportamento (Doubt, 1991; Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991).

Algumas espécies de Scarabaeinae possuem alta especificidade de habitat (Halffter, 1991) e desta forma, não conseguem estender suas populações para áreas abertas (Klein, 1989; Spector & Ayzama, 2003; Almeida & Louzada, 2009). Tais espécies são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, podendo ter sua distribuição restrita ou mesmo desaparecer localmente (Davis & Philips, 2005; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009).

A estrutura do ambiente é importante na determinação da composição da comunidade de Scarabaeinae (Estrada *et al.*, 1998, Halffter & Arellano, 2002). Davis e colaboradores (2001), trabalhando com os Scarabaeinae em Bornéu, observaram que a distribuição de espécies ao longo de diferentes características ambientais pode mostrar discretas associações típicas a biótipos particulares dentro da paisagem. Na Floresta Amazônica, Gardner e colaboradores (2008) mostraram que a riqueza, abundância e a biomassa total de Scarabaeinae, são fortemente afetadas em ambientes de matas secundárias e em plantações de eucaliptos. Além disso, as modificações na complexidade do habitat modificam não somente as comunidades de insetos, senão toda a fauna associada às florestas, diminuindo a riqueza de alguns grupos taxonômicos e aumentando outros (Barlow *et al.*, 2007).

Na Mata Atlântica do sul e sudeste do Brasil, diversos trabalhos com escarabeíneos foram realizados recentemente (Louzada & Lopes, 1997; Medri & Lopes, 2001, Hernández & Vaz-de-Mello, 2009, Lopes *et al.*, 2011, Silva *et al.*, 2011). Embora o estado de Santa Catarina possua registro de 94 espécies das 618 espécies registradas para o Brasil (Vaz-de-Mello, 2000), existe apenas um trabalho recente no estado sobre os besouros Scarabaeidae associados a fezes bovinas, no qual foram levantadas apenas quatro espécies de Scarabaeinae no município de Jaraguá do Sul (Flechtmann & Rodrigues, 1995). Assim, o presente trabalho visa estudar a diversidade de besouros escarabeíneos copro-necrófagos que habitam fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no centro-oeste do estado de Santa Catarina, com a finalidade de ampliar o conhecimento da ecologia das espécies na região sul do Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na região do município de Campos Novos, SC (27°23'S; 51°12'O), onde existem pequenos fragmentos de Mata Atlântica, no meio de grandes extensões de cultivos de soja, milho e trigo. As áreas de coleta encontravam-se numa altitude média de 945 m, possuindo clima mesotérmico brando de acordo com a classificação climática de Köppen (Pandolfo *et al.*, 2002) e formação florestal de Floresta Ombrófila Mista (Leite & Klein, 1990).

Foram estabelecidas 20 áreas amostrais correspondendo a 20 fragmentos de Mata Atlântica em meio a cultivos de milho. Nestes fragmentos há a presença de várias espécies de mamíferos da fauna nativa e, em alguns deles, há a presença de bovinos. O tamanho dos fragmentos variou de 1.141 m<sup>2</sup> a 355.938 m<sup>2</sup>. Estes fragmentos se encontravam distribuídos em uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, onde a distância entre fragmentos variou entre 25 m e 2 km.

As coletas foram realizadas de forma intensiva entre os dias 7 e 20 de fevereiro de 2011, durante o verão. Cada área foi amostrada somente uma vez durante o período.

Para a captura dos besouros foram utilizadas armadilhas de queda, pois constituem o método mais comum para a amostragem de invertebrados ativos na superfície do solo (Southwood, 1994). As armadilhas foram confeccionadas utilizando-se potes plásticos com 30 cm de circunferência e 20 cm de altura. As mesmas foram enterradas no solo até a borda superior e protegidas por uma tampa de plástico suportada por pequenos palitos de madeira. No interior das armadilhas adicionou-se uma camada de água (200 ml) com detergente. Foram utilizadas iscas de fezes humanas (10 g) e pedaços de carne de porco em decomposição (10 g), para atrair as espécies coprófagas e necrófagas, respectivamente, estando as iscas penduradas nas tampas dos potes dentro de uma pequena bolsa de tecido fino.

O protocolo de amostragem para cada fragmento consistiu em cinco pontos de coleta, distantes 10 m do outro, onde cada ponto recebeu duas armadilhas, uma iscada com fezes humanas e outra com carne, ambas distantes cinco metros entre si, totalizando 10 armadilhas por fragmento. No total, houve um esforço amostral de 200 armadilhas. Após 48 horas de exposição das armadilhas, os insetos capturados foram fixados em álcool 70% e levados para o Laboratório de Ecologia Terrestre Animal (LECOTA/ECZ/UFSC) onde foram pesados (peso seco) e identificados usando Vaz-de-Mello *et al.*, 2011. Os indivíduos foram secos em estufa

com temperatura de 40°C por no mínimo 72 horas, a pesagem foi feita em balança analítica Quimis Modelo Q-500L210C e a identificação das espécies foi confirmada pelo Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello da UFMT. O material coletado encontra-se depositado na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e na Coleção Entomológica da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).

As espécies com peso acima de 100 mg foram classificadas como grandes, aquelas com peso de 10 a 100 mg como médias e as com até 10 mg foram classificadas como pequenas. A comunidade foi separada em grupos funcionais de acordo com a literatura (Cambefort & Hanski, 1991; Doube, 1991; Gill, 1991). A largura de nicho alimentar das espécies coletadas foi calculada através do índice padronizado de Levins ( $B_a$ ), no programa *Ecological Methodology* (Krebs, 1999) que é calculado da seguinte maneira:  $B = 1/\sum P_j^2$ , onde:  $P_j$  é a proporção de indivíduos que utilizam o recurso do tipo  $j$ . Após o cálculo, todas as medidas foram estandardizadas em uma escala de 0 a 1 usando a expressão:  $B_a = (B - 1)/(n - 1)$ , onde  $B_a$  refere-se ao valor do índice estandardizado de Levins,  $B$  é o índice sem estandardização e  $n$  é o número possível de recursos. As espécies que apresentavam valores do índice de Levins de até 0,2 foram classificadas como especialistas (coprófagas ou necrófagas) e com valores acima de 0,2 como generalistas. Para esta análise foram utilizadas as espécies com abundância maior que 10 indivíduos.

Para avaliar a complexidade da vegetação em cada fragmento amostrado, utilizou-se o método do ponto-quadrante adaptado (Brower *et al.*, 1998). As medidas foram feitas nos pontos dois e quatro de coleta entre as armadilhas de fezes e carne. A partir de uma cruz, foram demarcados quatro quadrantes (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste), onde foram feitas medidas da vegetação e do ambiente. Em cada quadrante, para cada árvore (Diâmetro à altura do peito > 5 cm) e arbusto (DAP < 5 cm e altura > 1 m) mais próximos foram medidas as distâncias até o centro da cruz, a altura, o diâmetro da copa e o diâmetro do tronco. Esta última medida foi realizada à altura do peito (DAP = 1,3 m) para as árvores e à altura do tornozelo (DAT = 0,1 m) para os arbustos.

Além disso, em cada quadrante, dentro de um quadrado de 1 x 1 m demarcado no solo com canos de PVC, mediu-se a altura da serapilheira e, através de estimativa visual, as porcentagens de cobertura de serapilheira, área verde e área de solo exposto (sem vegetação ou serapilheira), usando as seguintes classes: 0-5%, 6-25%, 26-50%, 51-75%, 76-95% e 96-100%. Utilizando-se as mesmas classes, estimou-se visualmente a porcentagem de cobertura do dossel nas quatro direções,

com o auxílio de um quadrado de área vazada de 10 x 10 cm, colocado a uma distância de 40 cm do olho do observador, a uma inclinação de 20° em relação à zênite (Ramos, 2000).

Para testar a hipótese de que a distribuição espacial das espécies está relacionada com as variáveis ambientais foi feita uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) no programa CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 2006). Nesta análise foram utilizadas somente as espécies que tiveram abundância maior que 10 indivíduos.

## RESULTADOS

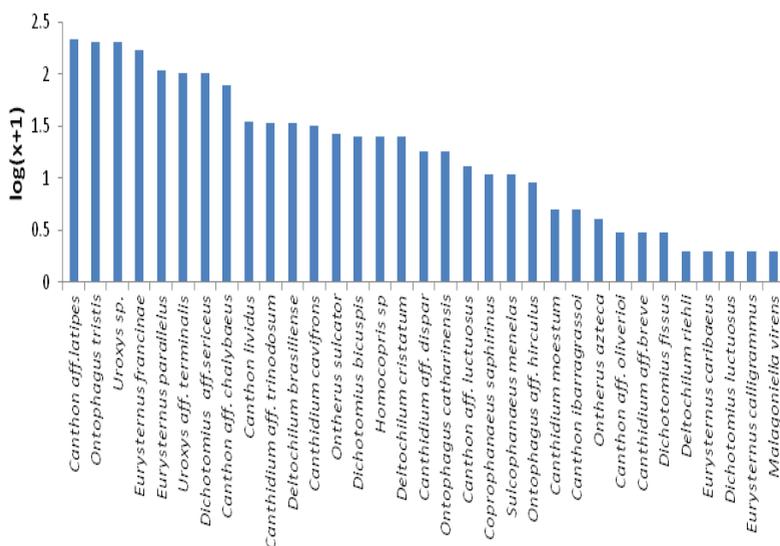
Foram coletados 1.502 escarabeíneos, pertencentes a seis tribos, 12 gêneros e 33 espécies (Tabela I). As espécies mais abundantes na região foram *Canthon latipes* Blanchard, 1845 (212 indivíduos; 14,1%), *Onthophagus tristis* Harold, 1873 (204; 13,6%), *Uroxys* sp. (204; 13,6%) e *Eurysternus francinae* Génier, 2009 (169; 11,3%), que representaram juntas 52,6% do total de indivíduos capturados (Figura 1). As espécies que apresentaram somente um indivíduo coletado (*singletons*) foram *Dichotomius luctuosus* (Harold, 1869), *Deltochilum riehli* Harold, 1868, *Malagoniella virens* (Harold, 1869), *Eurysternus calligrammus* Dalman, 1824 e *Eurysternus caribaeus* (Herbst, 1789). As espécies com somente dois indivíduos capturados (*doubletons*) foram *Canthidium aff. breve* (Germar, 1824) e *Dichotomius fissus* (Harold, 1867) (Figura 1).

As espécies apresentaram grande diversidade de tamanho, refletindo a diversidade morfológica existente na subfamília. Assim, dentro das dez espécies grandes se destacam *Dichotomius fissus* (Harold, 1867), com média de 437 mg de peso seco (com cerca de 2,5 cm de comprimento), *Deltochilum brasiliense* (Castelnau, 1840), com 362 mg e *Coprophanæus saphirinus* (Sturm, 1826) com 361 mg. Houve 15 espécies de tamanho médio e sete espécies pequenas. A menor delas foi *C. aff. breve* com 5 mg em média (0,3 cm de comprimento), outras espécies pequenas foram *Onthophagus catharinensis* Paulian, 1936, *Onthophagus aff. hirculus* Mannerheim, 1829 ambas com 6 mg e *Uroxys* sp. e *Canthidium cavifrons* Balthasar, 1939, ambas com 7 mg (Tabela I).

Foram capturadas 19 espécies do grupo funcional dos escavadores ou paracoprídeos, dez espécies do grupo dos rodadores ou telecoprídeos, e somente quatro espécies residentes ou endocoprídeos (Tabela I).

Em relação ao hábito alimentar das 23 espécies com abundância suficiente para o cálculo da largura do nicho trófico, 11 espécies foram classificadas como coprófagas, 10 como generalistas e duas como exclusivamente necrófagas, *Canthidium aff. dispar* e *Canthon aff. luctuosus* (Tabela I).

As espécies que mais contribuíram em termos de biomassa, possivelmente sendo as mais importantes na transformação de matéria orgânica neste ecossistema, foram duas espécies de tamanho grande: *Dichotomius aff. sericeus* (Harold, 1867) e *Deltochilum brasiliense* e duas de tamanho médio: *Eurysternus francinae* Génier, 2009 e *Canthon latipes* (Figura 2).



**Figura 1:** Diagrama de distribuição de abundância em log (X+1) da metacomunidade dos Scarabaeinae copro-nectofágos coletados em fevereiro de 2011 em 20 fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC.

**Tabela I.** Características ecológicas das espécies de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em 20 fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC, em fevereiro de 2011. Tamanho (P: pequeno, M: médio, G: grande). Grupo funcional definido a partir da literatura (P: paracoprídeo, T: telecoprídeo, E: endocoprídeo). Preferência alimentar (C: coprófago, G: generalista, N: necrófago). N: número de indivíduos. Preferência alimentar definida pelo índice padronizado de Levins ( $B_a$ ).

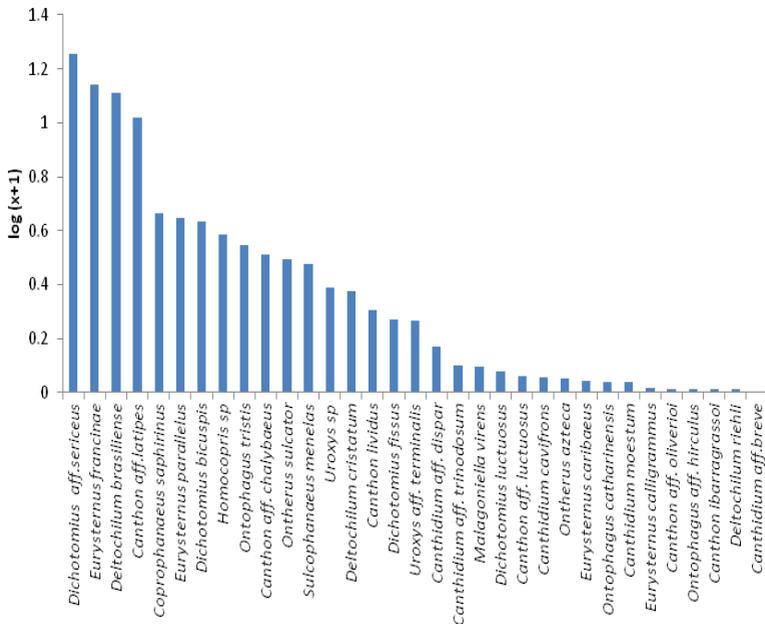
Tribo/ espécies	Peso médio (mg)	Grupo funcional	Preferência alimentar	Isclas		N	$B_a$
				Fezes	Carne		
<b>Ateuchini</b>							
<b>(S = 2; N = 306)</b>							
<i>Uroxys aff.</i> <i>terminalis</i> Waterhouse, 1891	8(P)	P	C	98	4	102	0,08
<i>Uroxys</i> sp.	7(P)	P	G	182	22	204	0,23
<b>Coprini</b>							
<b>(S = 12; N = 267)</b>							
<i>Canthidium aff.</i> <i>breve</i> (Germar, 1824)	5(P)	P	-	2	0	2	-
<i>Canthidium</i> <i>cavifrons</i> Balthasar, 1939	7(P)	P	G	6	25	31	0,45
<i>Canthidium aff.</i> <i>dispar</i> Harold, 1867	28(M)	P	N	0	17	17	0
<i>Canthidium</i> <i>moestum</i> Harold, 1867	22(M)	P	G	1	3	4	0,6
<i>Canthidium aff.</i> <i>trinodosum</i> (Boheman, 1858)	8(P)	P	C	32	1	33	0,06
<i>Dichotomius</i> <i>bicuspis</i> Germar, 1824	137(G)	P	G	18	6	24	0,6
<i>Dichotomius</i> <i>fissus</i> (Harold, 1867)	437(G)	P	-	0	2	2	-
<i>Dichotomius aff.</i> <i>sericeus</i> (Harold, 1867)	171(G)	P	C	91	9	100	0,19
<i>Dichotomius</i> <i>luctuosus</i> (Harold, 1869)	201(G)	P	-	1	0	1	-

Continuação. **Tabela I.** Características ecológicas...

<i>Homocopris</i> sp.	118(G)	P	C	24	0	24	0
<i>Ontherus azteca</i> Harold, 1869	44(M)	P	-	3	0	3	-
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius, 1775)	82(M)	P	C	26	0	26	0
<b>Deltochilini</b> <b>(S = 9; N = 401)</b>							
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1845	32(M)	T	G	27	54	81	0,8
<i>Canthon ibarragrasoi</i> Martinez, 1952	8(P)	T	-	0	4	4	-
<i>Canthon latipes</i> Blanchard, 1845	44(M)	T	C	208	4	212	0,03
<i>Canthon lividus</i> Blanchard, 1845	30(M)	T	G	13	21	34	0,89
<i>Canthon aff. luctuosus</i> Harold, 1868	13(M)	T	N	0	12	12	0
<i>Canthon aff. oliverioi</i> Pereira & Martínez, 1956	14(M)	T	G	2	1	3	0,8
<i>Deltochilum brasiliense</i> (Castelnau, 1840)	362(G)	T	G	25	8	33	0,58
<i>Deltochilum cristatum</i> Paulian, 1938	58(M)	T	G	5	19	24	0,49
<i>Deltochilum riehli</i> Harold, 1868	27(M)	T	-	1	0	1	-
<i>Malagoniella virens</i> (Harold, 1869)	249(G)	T	-	1	0	1	-
<b>Oniticellini</b> <b>(S = 4; N = 279)</b>							
<i>Eurysternus calligrammus</i> Dalman, 1824	40(M)	E	-	1	0	1	-
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	109(G)	E	-	1	0	1	-
<i>Eurysternus francinae</i> Génier, 2009	76(M)	E	C	169	0	169	0

Continuação. **Tabela I.** Características ecológicas...

<i>Eurysternus parallelus</i> Castelnau, 1840	32(M)	E	C	108	0	108	0
<b>Onthophagini</b> (S = 3; N = 229)							
<i>Onthophagus catharinensis</i> Paulian, 1936	6(P)	P	C	17	0	17	0
<i>Onthophagus aff. hirculus</i> Mannerheim, 1829	6(P)	P	-	8	0	8	-
<i>Onthophagus tristis</i> Harold, 1873	12(M)	P	C	203	1	204	0,01
<b>Phanaeini</b> (S = 2; N = 20)							
<i>Coprophanaeus saphirinus</i> (Sturm, 1828)	361(G)	P	G	7	3	10	0,72
<i>Sulcophanaeus menelas</i> (Castelnau, 1840)	200(G)	P	C	10	0	10	0
Abundância total				1290	212	1502	



**Figura 2:** Diagrama de distribuição de biomassa em  $\log (X+1)$  da metacomunidade dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em 20 fragmentos de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC.

As espécies da tribo Ateuchini foram abundantes e muito atraídas para as iscas de fezes humanas. *Uroxys aff. terminalis* classificada como coprófaga, foi observada em campo em fragmentos onde bovinos tinham livre acesso. A outra espécie do gênero, *Uroxys sp.*, foi classificada como generalista, embora tenha apresentado preferência por iscas de fezes (89% dos indivíduos).

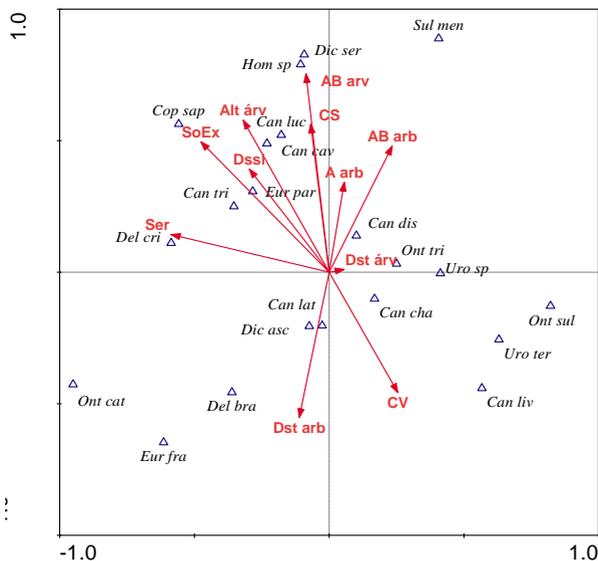
Das espécies de Coprini, houve tanto espécies coprófagas (quatro espécies) como generalistas (três espécies) e necrófagas (*Canthidium aff. dispar* Harold, 1867). Entre as generalistas, *Dichotomius bicuspis* Germar, 1824 foi encontrada com uma abundância três vezes maior em armadilhas iscadas com fezes. Já *Canthidium cavifrons* Balthasar, 1939, foi quatro vezes mais atraída por iscas de carne apodrecida do que de fezes.

Das espécies da tribo Deltochilini, cinco espécies foram generalistas, uma coprófaga e uma necrófaga. *Deltochilum cristatum* Paulian, 1938 foi generalista, embora tenha sido quatro vezes mais capturada em armadilhas iscadas com carne. O único indivíduo de *Malagoniella virens*, capturado em armadilhas de fezes, foi encontrado em um fragmento próximo de um lago onde foram observados ratões-de-banhado (*Myocastor coypus* [Molina, 1782]).

As espécies de Oniticellini foram todas capturadas em armadilhas de fezes. *E. francinae* e *E. parallelus* foram coprófagas e *E. calligrammus* e *E. caribaeus* foram *singletons* e por isso não tiveram classificação de preferência alimentar.

As espécies de Onthophagini foram todas coprófagas. Na tribo Phanaeini, *Sulcophanaeus menelas* (Castelnau, 1840) foi coprófaga e *Coprophanaeus saphirinus* (Sturm, 1828) foi classificada como generalista.

A distribuição espacial da abundância das espécies de escarabeíneos de acordo com a estrutura do ambiente mostrou que algumas espécies de escarabeíneos se relacionam com algumas características do habitat. A análise de correspondência canônica foi significativa ( $F = 1,627$ ,  $P = 0,008$ ), sendo que o primeiro eixo explicou 30% e o segundo eixo 29% da variabilidade dos dados (Figura 3). A diferença na distribuição de algumas espécies de escarabeíneos nos fragmentos florestais mostra assim uma relação: *Deltochilum cristatum* relacionou-se principalmente com as áreas de maior altura de serapilheira; *Coprophanaeus saphirinus* ocorreu principalmente em áreas com solo exposto e com árvores mais altas e *D. aff. sericeus* e *Homocopris* sp. ocorreram em áreas de floresta com árvores mais grossas e grande porcentagem de cobertura de serapilheira. De forma oposta, *O. sulcator*, *U. aff. terminalis* e *C. lividus* ocorreram em áreas de solo com maior porcentagem de cobertura verde e árvores menores em altura. *Onthophagus catharinensis*, *D. brasiliense* e *E. francinae* ocorreram em áreas mais abertas, com maior distância entre os arbustos e menor área basal dos arbustos ao contrário de *S. menelas*, que ocorreu em áreas com arbustos mais grossos e mais próximos (Figura 3).



**Figura 3:** Análise de Correspondência Canônica entre as espécies de escaravelhos e as variáveis ambientais em 20 fragmentos de Mata Atlântica no município de Campos Novos, SC. Ser = altura serapilheira, SoEx = solo exposto, Dssl = dossel, Alt árv = altura da árvore, AB arv = área basal da árvore, CS = cobertura de serapilheira, A arb = altura arbusto, AB arb = área basal do arbusto, Dst árv = distância da árvore, CV = cobertura de área verde, Dst arb = distância ao arbusto. As espécies estão assinaladas com as três primeiras letras do gênero seguidas das três primeiras letras do nome específico.

## DISCUSSÃO

A alta riqueza de Scarabaeinae (33) mostra que a diversidade destes insetos nos fragmentos florestais estudados é alta e ressalta a importância de estudos de levantamento em regiões nas quais a fauna ainda é desconhecida. A riqueza foi semelhante à encontrada em outros estudos em remanescentes florestais de Mata Atlântica do sul e sudeste do Brasil. Louzada & Lopes (1997) capturaram 21 espécies em Floresta Semidecidual em Minas Gerais, Lopes e colaboradores (2011) coletaram 27 espécies em Floresta Estacional Semidecidual no norte do Paraná, na mesma localidade onde anteriormente Medri & Lopes (2001) tinham encontrado 32 espécies (Parque Estadual Mata dos Godoy, PR), Hernández & Vaz-de-Mello (2009) encontraram 39 espécies em Floresta Mesófila Semidecidual no estado de São Paulo (Serra do Japi) e Silva e colaboradores (2011) encontraram 35 espécies em Floresta Estacional Decidual da Serra Geral em Santa Maria, RS. Isto demonstra a importância dos fragmentos florestais dentro das paisagens agrícolas na manutenção da diversidade, possibilitando a conservação de espécies que, de outra forma, possivelmente seriam extintas localmente. Além disso, a presença de espécies raras mostra que fragmentos de Mata Atlântica em áreas de monocultura podem favorecer o deslocamento e proteção da entomofauna.

Nos fragmentos estudados, houve um maior número de espécies paracoprídeas (escavadoras ou tuneleiras) em relação aos demais grupos funcionais. Este padrão é comum em florestas tropicais e parece estar relacionado à diversidade das tribos de Scarabaeinae na região Neotropical (Halffter *et al.*, 1992; Louzada & Lopes, 1997).

A atração exercida por diferentes tipos de recursos é um padrão conhecido para várias espécies (Halffter & Matthews, 1966; Vaz-de-Mello *et al.*, 1998; Hernández, 2007). No que diz respeito à utilização de recurso, praticamente metade das espécies coletadas no presente trabalho (11 de 23 espécies) foi considerada coprófaga. A alta especialização na coprofagia presente em Scarabaeinae, além de resultante de processos históricos e evolutivos (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991) parece estar relacionada à maior disponibilidade de excrementos de mamíferos no ecossistema, uma vez que carcaças são menos frequentes e estão espacialmente limitadas (Halffter & Matthews, 1966). Além disso, dez espécies foram consideradas generalistas. É conhecido que a utilização de mais de um tipo de recurso alimentar (generalidade trófica) diminui a competição por alimentos escassos e efêmeros como excrementos,

carcaças e frutos podres (Halffter & Halffter, 2009) e também pode conceder à espécie uma ampla utilização do ambiente, o que teria contribuído para a alta diversidade de Scarabaeinae na região Neotropical (Halffter & Halffter, 2009), enquanto a especificidade tende a restringir a ocupação de novos ecossistemas onde seu alimento não esteja disponível. A necrofagia em Scarabaeinae é considerada importante em florestas neotropicais, onde a presença de grandes mamíferos é reduzida (Halffter & Matthews, 1966). O sudeste asiático, onde grandes mamíferos são escassos, é a única região biogeográfica o que é comparável, com a presença de muitos besouros necrófagos (Halffter & Matthews 1966; Gill 1991; Halffter 1991). Neste estudo, foram encontradas duas espécies necrófagas, *C. aff. dispar* e *C. aff. luctuosus*.

Dentro da tribo Coprini, *Canthidium moestum* Harold, 1867 foi generalista, corroborando os trabalhos de Silva e colaboradores (2008, 2009, 2011). Esta espécie distribui-se pelo sul do Brasil, Argentina e Uruguai (Martínez, 1959; Martínez & Halffter, 1986; González-Vainer & Morelli, 2008). *Homocopris* sp., coprófaga, pertence a um gênero recém revalidado. Este gênero se distribui no Chile e no Brasil, sendo que no Brasil se encontra na Mata Atlântica do sul e sudeste (Vaz-de-Mello *et al.*, 2010). *Ontherus sulcator* (Fabricius, 1775), coprófaga, é uma espécie comum e de ampla distribuição pela região Neotropical, sendo encontrada principalmente em excrementos de herbívoros e fezes humanas (Martínez, 1959), podendo também ser atraída por carcaças e luz artificial (Génier, 1996).

Das espécies da tribo Deltochilini, *Canthon chalybaeus* Blanchard, 1845 foi generalista, assim como em Silva e colaboradores (2007). Luederwaldt (1911) e Martínez (1987), afirmam que esta espécie é encontrada em carcaças, desde estágios recentes a avançados de decomposição. Martínez (1959) afirma que a espécie é encontrada em excrementos nos primeiros momentos de deposição, possuindo ampla distribuição pela América do Sul. A espécie *Canthon latipes* foi classificada como coprófaga e Martínez (1959) afirma que ela pode ser encontrada em excrementos de herbívoros e de humanos. Pereira & Martínez (1956) a encontraram também com comportamento saprófago, em frutos maduros da palmeira de butiá (*Butia* sp.). Este escarabeíneo distribui-se em ambientes florestais de montanha no sul e sudeste do Brasil, Argentina e Uruguai (Vulcano & Pereira, 1964; Martínez, 1987).

*Canthon lividus* Blanchard, 1845 teve hábito alimentar generalista, como relatado nos trabalhos de Martínez (1959), Halffter & Matthews (1966) e Silva e colaboradores 2011. Distribui-se pelo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (Martínez, 1959). *Deltochilum brasiliense* também foi generalista, corroborando as informações de Almeida & Louzada (2009) e Silva e colaboradores, 2011. Distribui-se pelo centro-sul do Brasil e Argentina.

Das espécies de Oniticellini, *Eurysternus francinae* foi coprófaga, corroborando os dados de Génier (2009), que examinou espécimes coletados em fezes humanas, com exceção de um espécime coletado em fezes bovinas. Esta espécie distribui-se pela Mata Atlântica em altitudes acima de 1.000 m, com exceção de sua distribuição no sul do Brasil, onde a latitude parece compensar a altitude (Génier, 2009). *Eurysternus parallelus* Castelnau, 1840, foi classificada como coprófaga, corroborando os resultados de Silva e colaboradores 2011, resultado diferente do encontrado por Louzada & Lopes (1997), que também a capturaram em armadilhas de carne. A espécie distribui-se pelo sudeste e sul do Brasil, Argentina e Paraguai (Martínez, 1959; Génier, 2009).

Das espécies de Onthophagini, *Onthophagus catharinensis* Paulian, 1936 foi coprófaga, corroborando os resultados de Silva e colaboradores, 2011. A distribuição da espécie inclui Santa Catarina, de onde provém o holótipo (Paulian, 1936), Rio Grande do Sul e Paraná. Lopes e colaboradores (2011) propõem que esta espécie possa ser indicadora de áreas preservadas. *Onthophagus tristis* Harold, 1873, foi coprófaga, corroborando os resultados de Silva e colaboradores, 2011.

Das espécies de Phanaeini, *Coprophanæus saphirinus* (Sturm, 1828), foi classificada como generalista. Martínez (1959) afirma ser uma espécie coprófaga encontrada principalmente em excrementos de herbívoros. Ela ocorre no sudeste e sul do Brasil e também na Argentina e Paraguai (Martínez, 1959; Arnaud, 2002; Edmonds & Zídek, 2010), possuindo uma variação de coloração entre populações de diferentes localidades (Edmonds & Zídek, 2010). *Sulcophanæus menelas* (Castelnau, 1840) foi classificada como coprófaga, corroborando Edmonds (2000) que afirma que possui hábito alimentar estritamente coprófago, podendo ser encontrada em diferentes tipos de excrementos. Distribui-se na Bolívia, Argentina, Uruguai e sul do Brasil e tem preferência por áreas de campos abertos às áreas florestadas (Edmonds 2000).

Halffter & Arellano (2002), comparando diferentes ambientes alterados no México, propuseram que a estrutura do ambiente é mais importante na determinação da composição da comunidade de Scarabaeinae que o aporte de recursos em áreas ocupadas por gado. Estrada e colaboradores (1998) observaram que a média do número de espécies de escarabeíneos teve relação positiva com as medidas de diversidade vertical e horizontal da vegetação. Davis e colaboradores (2001), trabalhando com os Scarabaeinae em Bornéu, observaram que a distribuição de espécies ao longo de diferentes características ambientais pode mostrar discretas associações típicas a biótipos particulares dentro da paisagem. Num estudo no Brasil, na Floresta Amazônica, Gardner e colaboradores (2008) mostraram que tanto a abundância como a riqueza de Scarabaeinae, assim como a biomassa total, são fortemente afetadas de forma negativa em ambientes de matas secundárias e em plantações de eucaliptos.

As modificações na complexidade do habitat alteram tanto as comunidades de insetos como toda a fauna associada às florestas, diminuindo a riqueza de alguns grupos taxonômicos e aumentando outros (Barlow *et al.*, 2007). Sabe-se que, de uma forma geral, existe uma correlação positiva entre a riqueza e a abundância de Scarabaeinae e a riqueza e abundância de mamíferos não-voadores nos locais de ocorrência de ambos os grupos (Estrada *et al.*, 1998; Andresen & Laurance, 2007; Barlow *et al.*, 2007). Os levantamentos de mamíferos realizados na região de Campos Novos (Silveira *et al.*, 2006; FATMA, 2007) registraram 32 espécies de mamíferos não-voadores, incluindo muitas espécies de médio porte e algumas de grande porte, como o puma (*Puma concolor* [Linnaeus, 1771]), a jaguatirica (*Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758), o veado-mateiro (*Mazama americana* Erxleben, 1777), o veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* [Linnaeus, 1758]), o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) e a irara (*Eira barbara* Linnaeus, 1758). As fezes e carcaças, tanto dos mamíferos de pequeno porte que ainda não foram formalmente registrados para a área de estudo, como daqueles de médio e grande porte, podem prover a alimentação dos escarabeíneos e, possivelmente, explicar a alta riqueza dos besouros na região. Também a presença, em alguns fragmentos, de espécies exóticas, como cachorros domésticos, bovinos e até humanos, poderia contribuir com recursos alimentares para as espécies de Scarabaeinae.

Para a conservação da comunidade de escarabeíneos e de seus serviços ecossistêmicos existe, portanto, a necessidade do planejamento da conservação no nível da paisagem, atentando para a estrutura do habitat (Barlow *et al.*, 2010), a diminuição do isolamento e o aumento da conectividade entre fragmentos (Numa *et al.*, 2009).

## CONCLUSÕES

A alta riqueza de espécies de Scarabaeinae encontrada em fragmentos florestais de Mata Atlântica no interior do estado de Santa Catarina acrescenta dados importantes para o conhecimento da biologia e ecologia das espécies desta subfamília. As 33 espécies encontradas apresentaram diversas características em relação ao comportamento alimentar e à funcionalidade dentro do ecossistema, variando desde pequenas espécies escavadoras até grandes roladoras, o que certamente contribui com a manutenção dos serviços ecossistêmicos, já que os escarabeíneos, ao participar do ciclo de nutrientes, favorecem a ciclagem da matéria orgânica em decomposição.

Desta forma, futuras ações das políticas agrícolas e ambientalistas dentro das áreas que apresentam um mosaico de culturas agrícolas e áreas de proteção, podem utilizar estas informações para fortalecer a manutenção de áreas de conservação em uma região onde a atividade antrópica, principalmente com grandes extensões de monocultura, cada vez mais ameaça os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista e a biodiversidade a ela associada.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, S. S. P. & Louzada, J. N. C. 2009. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology** **38**(1): 32-43.
- Andresen, E. & S. Laurence. 2007. Possible indirect effects of mammal hunting on dung beetle assemblages in Panama. **Biotropica** **39**: 141-146.
- Arnaud, P. 2002. **Les Coléoptères du Monde, Phanaeini**. Canterbury: Hillside Books. vol. 28. 151 p.
- Barlow, J., Gardner, T. A., Araújo I. S., Ávila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., Esposito, M. C., Ferreira, L. V., Hawes, J., Hernández, M. I. M., Hoogmoed, M. S., Leite, R. N, Lo-Man-Hung, N. F., Malcom, J. R. Martins, M. B., Mestre, L. A. M., Miranda-Santos, R., Nunes-Gutjahr, W. L, Overal, A. L., Parry, L., Peters, S. L., Ribeiro-Junior, M. A., Da Silva, M. N. F., Da Silva Motta, C. & Peres, C. A. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America, USA** **104**(47): 18555-18560.
- Barlow, J., Louzada, J., Parry, L., Hernández, M. I. M., Hawes, J., Peres, C. A., Vaz-de-Mello, F. Z. & Gardner, T. A. 2010. Improving the design and management of forest strips in human-dominated tropical landscapes: a field test on Amazonian dung beetles. **Journal of Applied Ecology** **47**: 779-788.
- Cambefort, Y. & Hanski, I. 1991. Dung beetle population biology. In: Hanski, I.; Cambefort, Y. (eds.). **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press. 36-50.
- Davis, A. J., Holloway, J. D, Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A. H. & Sutton, S. L. 2001. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology** **38**: 593-616.
- Davis, A. L. V. & Philips, T. K. 2005. Effect of deforestation on a southwest Ghana dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the periphery of Ankasa Conservation Area. **Environmental Entomology** **34**: 1081-1088.

- Doube, B. M. 1991. Dung beetles of Southern Africa. In: Hanski, I.; Cambefort, Y. (eds.). **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press. 133-55.
- Edmonds, W. D. 2000. Revision of the Neotropical dung beetle genus *Sulcophanaeus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Heyrovskyana, Supplementum 6**: 1-60.
- Edmonds, W. D. & Zidek, J. 2010. A taxonomic review of the genus *Coprophanaeus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Insecta Mundi 129**: 1-111.
- Estrada, A., Halffter, G., Coates-Estrada, R. & Merritt, D. A. J. 1993. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology 9**: 45-54.
- Estrada A., Coates-Estrada, R., Dadda, A. & Cammarano, P. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology 14**: 577-593
- Estrada, A., Anzures, A. D. & Coates-Estrada, R. 1999. Tropical rain forest fragmentation, howler monkeys (*Alouatta palliata*) and dung beetles at Los Tuxtlas, Mexico. **American Journal of Primatology 48**: 253-262.
- FATMA, 2007. **Plano de manejo do Parque Estadual Rio Canoas**. Fundação do Meio Ambiente, Socioambiental Consultores Associados Ltda. Florianópolis. 62 p.
- Filgueiras, B. K. C., Liberal, C. N., Aguiar, C. D. M., Hernández, M. I. M. & Ianuzzi, L. 2009. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in a Tropical Atlantic Rainforest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia 53**(3): 422-427.
- Flechtmann, C. A. H. & Rodrigues, S. R. 1995. Insetos fimícolas associados a fezes bovinas em Jaraguá do Sul/SC - Besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae). **Revista Brasileira de Entomologia 39**(2): 303-309.
- Gardner, T. A., Hernández, M. I. M., Barlow, J. & Peres, C. A. 2008. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology 45**: 883-893.

- Génier, F. 1996. A revision of the Neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Memoirs of the Entomological Society of Canada** **170**: 1-169.
- Génier, F. 2009. **Le genre *Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini), revision taxonomique et clés de détermination illustrées**. Sofia: Pensoft. 430 p.
- Gill, B. D. 1991. Dung beetles in American Tropical Forest. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds.) **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press. 211-229.
- González-Vainer, P. & Morelli, E. 2008. Relevamiento de los coleópteros coprófilos y necrófilos de Sierra de Minas, Uruguay (Insecta: Coleoptera). **Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay** **17**: 20-33.
- Halffter G. & Matthews, E. G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana** **12/14**: 1-312.
- Halffter, G. & Edmonds, W. D. 1982. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. México D.F.: Man and the Biosphere Program UNESCO. 177p.
- Halffter, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana** **82**: 195-238.
- Halffter, G., Favila, M. E. & Halffter, V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in mexican tropical rain forest and derived ecosystems. **Folia Entomologica Mexicana** **84**: 131-156.
- Halffter, G. & Arellano, L. 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. **Biotropica** **34**(1): 144-154.
- Halffter, G., & Halffter, V. 2009. Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus. **Boletín de la Sociedad Entomologica Aragonesa** **45**: 1-22.
- Halffter, G., Favila, M. E. & Halffter, V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems. **Folia Entomologica Mexicana** **84**: 131-156.
- Hanski, I. 1991. The Dung Insect Community. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds.). **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press. p. 5-21.

- Hanski, I. & Cambefort, Y. 1991. **Dung Beetle Ecology**. New Jersey: Princeton University Press. 481 p.
- Hernández, M. I. M. 2002. The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. **Revista Brasileira de Entomologia** 46(4): 597-600.
- Hernández, M. I. M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis** 11(3): 356-364.
- Hernández, M. I. M. & Vaz-de-Mello, F. Z. 2009. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae *s.str.*) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 53(4): 607-613.
- Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. **Ecology** 70(6): 1715-1725.
- Krebs, C. J. 1999. **Ecological Methodology**. 2nd ed. New York: Addison-Wesley Longman. 620 p.
- Leite, P. F. & Klein, R. M. 1990. **Geografia do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociência. Rio de Janeiro: IBGE. 420 p.
- Lopes J., Korasaki V., Catelli, L.L, Marçal, V. V. M., Nunes, M. P. B. P. 2011. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. **Zoologia** 28: 72-79.
- Louzada, J. N. C. & Lopes, F. S. 1997. A comunidade de Scarabaeidae copronecrófagos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Entomologia** 41(1): 117-121.
- Luederwaldt, H. 1911. Os insectos necróphagos Paulistas. **Revista do Museu Paulista** 8: 414-433.
- Martínez, A. 1959. Catálogo de los Scarabaeidae Argentinos (Coleoptera). **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"** 5: 1-126.
- Martínez, A. & Halffter, G. 1986. Situación del género *Canthidium* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Acta Zoologica Mexicana** 17: 19-40.

- Martínez, A. 1988. La entomofauna de Scarabaeinae de la provincia de Salta (Col. Scarabaeoidea). **Anales de la Sociedad Científica Argentina** **216**: 45-69.
- Medri, I. M. & Lopes, J. 2001. Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e de área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **18**(1): 135-141.
- Morelli, E. & González-Vainer, P. 1997. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) inhabiting bovine and ovine dropping in Uruguayan prairies. **The Coleopterists Bulletin** **51**: 197.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M. & Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation** **137**: 1-19.
- Nichols, E., Gardner, T. A., Peres C. A. & Spector, S. 2009. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. **Oikos** **118**: 481-487.
- Numa, C., Verdú, J. R., Sánchez, A. & Galante, E. 2009. Effect of landscape structure on the spatial distribution of Mediterranean dung beetle diversity. **Diversity and Distributions** **15**: 489-501.
- Pandolfo, C., Braga, H. J., Silva Júnior, V. P., Massignam, A. M., Pereira, E. S. & Thomé, V. M. R. 2002. **Atlas Climático digital do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri (CD-ROM).
- Paulian, R. 1936. **Sur quelques *Onthophagus* américains nouveaux ou peu connus (Col. Lamellicornes)**. Festschrift zum 60 Geburtstag von Professor Dr. Embrik Strand 1: 506-509.
- Pereira, F. S. & Martínez, A. 1956. Os gêneros de Canthonini americanos (Col. Scarabaeidae). **Revista Brasileira de Entomologia** **6**: 91-192.
- SCARABNET. Global Taxon Database. Disponível em: <<http://216.73.243.70/scarabnet/results.htm>>. Acesso em: 11.08.2011.
- Silva, F. A. B., Hernández, M. I. M., Ide, S. & Moura, R. C. 2007. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copronecrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** **51**(2): 228-233.
- Silva, P. G. & Vidal, M. B. 2007. Atuação dos escarabeídeos fimícolas (Coleoptera: Scarabaeidae *sensu stricto*) em áreas de pecuária: potencial benéfico para o município de Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias** **6**(2): 162-169.

- Silva, P. G.; Garcia, M. A. R. & Vidal, M. B. 2008. Besouros copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae *stricto sensu*) coletados em ecótono natural de campo e mata em Bagé, RS. **Ciência e Natura** 30(2): 71-91.
- Silva, P. G.; Garcia, M. A. R. & Vidal, M. B. 2009. Besouros copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae *sensu stricto*) do município de Bagé, RS (Bioma Campos Sulinos). **Biociências** 17(1): 33-43.
- Silva, P. G., Vaz-de-Mello, F. Z., Di Mare, R. A. 2011. Guia de identificação das espécies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) do município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica** 14: 329-345.
- Silveira, A. B., Lima A. de M., Steffler, C.E., Port, D., Castro, F., Trierweiler, F., Vinciprova, G., Silveira, N. J. E. 2006. **Guia de fauna** - Usina Hidrelétrica Campos Novos. Florianópolis: Fábrica de Comunicação. 90 p.
- Southwood, T. R. E. 1994. **Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman & Hall. 575p.
- Spector, S. & Ayzama, S. 2003. Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical Forest-Savanna Ecotone. **Biotropica** 35(3):394-404.
- Vaz-de-Mello, F. Z., Louzada, J. N. C. & Schoereder, J. H. 1998. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera: Formicidae). **The Coleopterists Bulletin** 52(3): 209-216.
- Vaz-de-Mello, F. Z. 2000. Estado de conhecimento dos Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: Martín-Piera, F., Morrone, J. J. & Melic, A. (Comp.). **Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica**. Zaragoza. Sociedad Entomológica Aragonesa, 181-195.
- Vaz-de-Mello, F. Z., Génier, F. & Smith, S. B. T. 2010. Reclassification of *Homocopris* Burmeister as a valid genus to accommodate three species formerly in *Dichotomius* Hope (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Coprini). **The Coleopterists Bulletin** 64(3): 192-192.
- Vaz-de-Mello, F. Z., Edmonds, W. D., Ocampo, F. & Schoolmeesters, P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World. **Zootaxa** 2854: 1-73.

Vulcano, M. A. & Pereira, F. S. 1964. Catalogue of the Canthonini (Col. Scarab.) inhabiting the Western Hemisphere. **Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey** 15: 570-685.

## CAPÍTULO 2

### ALTERAÇÃO NA DINÂMICA DOS GRUPOS FUNCIONAIS EM COMUNIDADES DE BESOUROS DETRITÍVOROS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA CONTÍGUOS A CULTIVOS DE MILHO TRANSGÊNICO

#### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar a composição e a estrutura de comunidades de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) que habitam áreas de fragmentos florestais em meio a cultivos de milho convencional e milho transgênico; a finalidade foi detectar possíveis impactos do uso dos transgênicos em organismos não alvos, associados por meio da cadeia trófica. Em fevereiro de 2011, em Campos Novos, SC-Brasil, foram coletados 1502 besouros de 33 espécies em 200 pitfalls distribuídos em 20 fragmentos: 805 escarabeíneos de 27 espécies em 10 fragmentos adjacentes a milho convencional e 697 escarabeíneos de 27 espécies em 10 fragmentos adjacentes a milho transgênico. Houve diferenças na estrutura das comunidades de escarabeíneos provenientes dos dois tipos de ambiente. O tamanho, as distâncias entre fragmentos e a complexidade ambiental dos fragmentos influenciaram, mas não explicaram, as diferenças da comunidade em meio aos dois tipos de cultivo. O grupo funcional dos residentes foi mais representativo nos fragmentos em meio ao milho transgênico, sendo as espécies *Eurysternus francinae* e *E. parallelus*, de hábito residente, indicadoras de ambiente próximo ao milho transgênico. *Onthophagus tristis*, *Uroxys aff. terminalis*, *Ontherus sulcator* (de hábito tuneleiro) e *Canthon chalybaeus* (de hábito rolador) foram indicadoras de fragmentos em meio a milho convencional. Com a diminuição dos escavadores e rodadores nos fragmentos em meio ao milho transgênico pode ocorrer perda dos serviços ecossistêmicos destes escarabeíneos e o seu papel na ciclagem de nutrientes e regeneração da floresta pode estar sendo modificado.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, comportamento, escarabeíneos, indicadores, *Zea mays*

MODIFICATION OF FUNCTIONAL GROUPS IN COMMUNITIES  
OF DETRITIVORES BEETLES (COLEOPTERA: SCARABAEINAE)  
IN ATLANTIC FOREST FRAGMENTS ADJACENT OF  
TRANSGENIC MAIZE

**ABSTRACT**

This study aimed to investigate the composition and structure of dung beetle communities (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting areas of forest fragments within conventional and transgenic maize plantations; the purpose was to detect possible impacts of the use of transgenic in non-target organisms associated through the food chain. In February 2011 in Campos Novos, SC-Brazil, 1502 beetles were collected from 33 species in 200 pit-falls distributed among 20 fragments: 805 dung beetles of 27 species in 10 fragments adjacent to the conventional maize and 697 dung beetles of 27 species in 10 fragments adjacent to transgenic maize. There were significant differences in the community structure of the two types of fragments. The size, distance between fragments and environmental complexity of the fragments influenced, but did not explain the differences of the community in both types of crops. The functional group dwellers was more representative in the fragments in the midst of transgenic maize with *Eurysternus francinae* and *Eurysternus parallelus* (dwellers) was indicator in the fragments of transgenic maize and *Onthophagus tristis*, *Uroxys aff. terminalis*, *Ontherus sulcator* (tunnellers) and *Canthon chalybaeus* (roller) were indicator in fragments in the midst of conventional maize. The decrease of the tunnellers and rollers in fragments in the midst of the transgenic maize result in loss of ecosystem services and their role in nutrient cycling and forest regeneration may be being modified.

Key words: behavior, dung beetles, indicators, nutrient cycle, *Zea mays*

## INTRODUÇÃO

Os insetos atuam em muitos processos ecológicos e são componentes fundamentais da dieta de uma grande parte da fauna (Miller, 1993; Godfray *et al.*, 1999; Wall & Moore, 1999). Eles estão envolvidos em inúmeras interações tróficas no ecossistema, o que os torna fundamentais no ciclo de nutrientes dentro da teia alimentar (Watts & Didham, 2006).

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são organismos extremamente importantes no funcionamento dos sistemas tropicais, já que participam ativamente da ciclagem de nutrientes, utilizando matéria orgânica em decomposição na alimentação tanto de larvas como de adultos. A maioria das espécies se alimenta de fezes (coprófagos), principalmente de mamíferos, ou de carcaças (necrófagos), estando desta forma, intrinsecamente associados aos animais que produzem seus recursos alimentares (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Gill, 1991; Estrada *et al.*, 1993; Morelli & González-Vainer, 1997; Estrada *et al.*, 1999; Nichols *et al.*, 2007, 2009; Filgueiras *et al.*, 2009). Conforme o comportamento que os escarabeíneos apresentam ao processar a matéria orgânica em decomposição, eles são divididos em três grupos funcionais principais: os rodadores ou telecoprídeos, que rolam a esfera de alimento na superfície do solo até o enterarem a uma certa distância da fonte do recurso; os escavadores ou paracoprídeos, que transportam o recurso alimentar para o interior do solo fazendo túneis do lado ou sob o recurso; e os residentes ou endocoprídeos, que não alocam o recurso, utilizando-o somente no local (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Cambefort, 1991).

Frequentemente, em comunidades de escarabeíneos neotropicais, se observa que os escavadores são bons competidores por recursos, estando em maiores quantidades e em maior riqueza em relação aos demais grupos funcionais, enquanto os residentes se encontram em menores números na maioria dos estudos (Halffter *et al.*, 1992; Louzada & Lopes, 1997; Feer, 2000; Scheffler, 2005).

Os escarabeíneos apresentam características que os tornam bons indicadores de diversidade, apresentando alta correlação de riqueza de espécies com vários outros grupos taxonômicos (Barlow *et al.*, 2007). Além disso, são frequentemente utilizados como indicadores ecológicos, já que mudanças ambientais provocam mudanças na estrutura e composição das comunidades; desta forma, em áreas fragmentadas ou degradadas é comum encontrar uma menor riqueza de espécies quando comparadas a áreas conservadas (Klein, 1989; Halffter & Favila, 1993; Davis *et al.*, 2001; Gardner *et al.*, 2008a). Além de mudanças na comuni-

dade como um todo, algumas espécies se caracterizam por ter uma abundância muito reduzida ou muito elevada em áreas com certas características, o que tem promovido a sugestão de algumas espécies como indicadoras ambientais (Halfpter & Favila, 1993). Outra vantagem da utilização de escarabéneos em estudos que avaliam as consequências ecológicas de distúrbios é que sua utilização apresenta um alto desempenho, combinando baixos custos de coleta e certa facilidade na identificação de espécies (Gardner *et al.*, 2008a).

Uma das mudanças ambientais mais frequentes em florestas tropicais é a fragmentação, que pode ser definida como um processo ao longo do qual uma grande área de hábitat é transformada em um número de manchas de menor área, isoladas uma das outras por uma matriz de habitat diferente do original (Wilcove *et al.*, 1986). Com o avanço da expansão agrícola, tem ocorrido o aumento da fragmentação da Mata Atlântica e, associado a isto, a perda de diversidade (Galindo-Leal & Câmara, 2003). Como a maioria das espécies de Scarabaeinae possuem alta especificidade de habitat para ecossistemas florestais (Halfpter, 1991), não conseguem estender suas populações para áreas abertas (Klein, 1989; Spector & Ayzama, 2003; Almeida & Louzada, 2009). Tais espécies são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, podendo ter sua distribuição restrita ou mesmo desaparecer localmente (Davis & Philips, 2005).

O uso na agricultura de plantas transgênicas, ou geneticamente modificadas (GM), que expressam genes com atividade inseticida, representa uma alternativa para o controle de insetos pragas. As plantas transgênicas são resistentes a algumas pragas porque têm incorporado em seu DNA, um gene da bactéria produtora de toxina letal para certos insetos. Atualmente, culturas como soja, milho, algodão, batata e fumo, têm sido modificadas geneticamente para expressar as proteínas derivadas de *Bacillus thuringiensis* Berliner e são utilizadas em escala comercial em vários países. Segundo o Relatório sobre a Situação Global das Culturas Biotecnológicas/GM Comercializadas em 2009 (ISAAA), mais de três quartos (77%) dos 90 milhões de hectares de soja cultivados mundialmente eram geneticamente modificados (GM); para o algodão, quase metade (49%) dos 33 milhões de hectares; para o milho, mais de um quarto (26%) dos 158 milhões de hectares cultivados mundialmente; e para a canola, 21% dos 31 milhões de hectares eram GM. O Brasil contribui para esta soma em cerca de 21,4 milhões de hectares (ISAAA, 2010). As principais vantagens do uso das plantas geneticamente modificadas são: aumento na produção (Betz *et al.*, 2000); menores níveis de micotoxinas (Dowd, 2000) e redução na aplicação de inseticidas (Ro-

meis *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006), principalmente os de largo espectro, favorecendo a manutenção de inimigos naturais que auxiliam no controle de pragas e contribuem para retardar a evolução da resistência (Mascarenhas & Luttrell, 1997; Gould, 1998).

Marvier e colaboradores (2007) em uma meta-análise de 42 estudos mostraram que invertebrados não-alvo são geralmente mais abundantes em algodão e milho transgênico do que em plantações com uso de inseticidas. No entanto, algumas dúvidas em relação à entomofauna associada aos cultivos transgênicos têm despertado o interesse dos pesquisadores e dos órgãos de regulamentação. Os principais questionamentos são: a possibilidade das plantas transgênicas afetarem os organismos não-alvo de diferentes níveis tróficos e a possibilidade de evolução de resistência de pragas às proteínas de *B. thuringiensis*, expressas pelas plantas continuamente, durante todo o ciclo da cultura.

Um dos primeiros estudos sobre os efeitos adversos dos transgênicos em insetos foi realizado por Hilbeck e colaboradores (1998), no qual demonstraram que 57% das larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836), um neuróptero predador que atua no ecossistema como agente de controle biológico, morreram ao se alimentar de presas desenvolvidas em milho transgênico MON810.

Uma meta-análise com 25 estudos mostrou que a proteína CRY utilizada nos cultivos transgênicos não tem qualquer efeito negativo direto na abelha do mel (*Apis mellifera* L.) (Duan *et al.*, 2008). Mas, os estudos de Ramírez-Romero e colaboradores (2008) apresentaram resultados que indicam que concentrações testadas da proteína CRY1Ab não causaram efeitos letais em abelhas produtoras de mel, porém, o comportamento das abelhas foi afetado quando exposto a alta concentração de proteína CRY1Ab: as abelhas tiveram sua aprendizagem perturbada.

Um dos efeitos ecológicos potenciais das toxinas produzidas pelo milho *Bt* já comprovado é a diminuição da taxa de crescimento ou mesmo mortalidade de espécies que vivem na água (Rosi-Marshall *et al.*, 2007). Outro estudo feito com um organismo aquático demonstrou que alimentos de cultivos transgênicos diminuíram o valor adaptativo de organismos não alvos como *Daphnia magna* Straus, 1820, que está na base da cadeia alimentar marinha (Bohn *et al.*, 2010).

Além disso, na análise dos riscos dos transgênicos existem outros fatores que estão sendo ignorados, como a dispersão do pólen ou da semente de milho ao serem carregados por vetores (e.g. vento, insetos, animais, homem) até vários quilômetros de distância (Emberlin *et al.*, 1999; Heinemann, 2007; Hoyle & Cresswell, 2007; Reuter *et al.*, 2008).

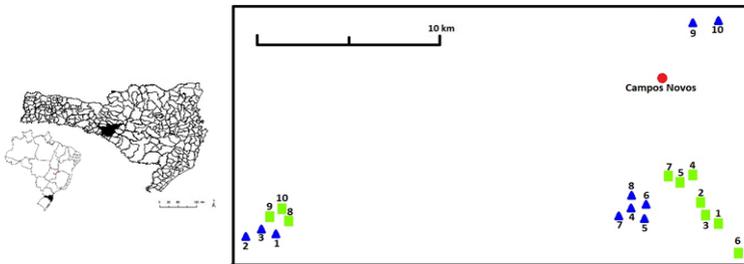
As plantas transgênicas também podem não trazer vantagens a médio ou longo prazo, do ponto de vista agrícola. Wang e colaboradores (2006) constataram, na China, que o custo com inseticidas em lavouras de algodão transgênico após cinco anos era o mesmo que em cultivos de algodoeiros convencionais. Outro estudo constatou que a adoção de uma variedade de algodão transgênico por fazendeiros chineses permitiu o controle das lagartas, principal ameaça a essa cultura, mas foi vítima de um efeito inesperado, já que um percevejo da família Miridae, outrora inofensivo, virou praga por não ser afetado pela toxina produzida pelo *B. thuringiensis* (Lu *et al.*, 2010).

Os efeitos do uso de transgênicos sobre a fauna associada ao longo das teias tróficas são pouco conhecidos (Obrycki *et al.*, 2001; Lovei *et al.*, 2009) e a utilização dos escarabeíneos, um táxon com reconhecida importância para a manutenção dos processos ecológicos, pode servir como uma ferramenta para a detecção de padrões gerais relacionados aos efeitos em cadeia dos transgênicos na fauna silvestre. Se os recursos alimentares dos escarabeíneos apresentam características especiais, influenciadas, por exemplo, por mudanças alimentares que os consumidores primários tiveram, espera-se que haja alterações tanto na composição quanto na estrutura das comunidades de organismos associados, neste caso, dos detritívoros associados à matéria orgânica em decomposição.

O presente trabalho visa estudar a composição e a estrutura de comunidades de besouros escarabeíneos em fragmentos florestais contíguos a cultivos de milho convencional e de milho transgênico, com a finalidade de detectar possíveis impactos da fragmentação e do uso dos transgênicos em organismos associados por meio da cadeia trófica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na região do município de Campos Novos, SC (27°23'S; 51°12'O) (Figura 1) onde existem principalmente pequenos fragmentos de Mata Atlântica, além de grandes extensões de cultivos de milho e soja. Nos cultivos contíguos aos fragmentos, somente herbicida foi utilizado e nenhum inseticida. As coletas foram realizadas em cinco propriedades e nas áreas de coleta as altitudes variavam de 710 metros a 950 metros. O município apresenta clima mesotérmico brando, de acordo com a classificação climática de Köppen (Pandolfo *et al.*, 2002), e formação florestal de Floresta Ombrófila Mista (Leite & Klein, 1990).



**Figura 1:** Mapa do Brasil indicando o Município de Campos Novos no estado de Santa Catarina e esquema mostrando a distribuição espacial dos vinte fragmentos florestais onde foram coletados os escarabaeíneos nas proximidades de Campos Novos, SC. ■: fragmentos em meio ao milho convencional, ▲: fragmentos em meio ao milho transgênico

Foram estabelecidas 20 áreas amostrais em fragmentos de Mata Atlântica, divididas em duas classes de características ambientais: 10 áreas contíguas a cultivos de milho transgênico e 10 áreas contíguas a cultivo de milho convencional (Figura 1). A escolha das fazendas onde havia plantações dos dois tipos de milho e fragmentos florestais na região foi realizada com apoio técnico da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri/Campos Novos) com base na acessibilidade e no isolamento do fragmento florestal em relação ao tipo de cultivo de milho. Somente fragmentos com um tipo de cultivo no entorno foram escolhidos.

Para avaliar a complexidade da vegetação em cada fragmento onde as coletas dos besouros foram realizadas, usou-se o método do ponto-

quadrante adaptado (Brower *et al.*, 1998). A partir de uma cruz, foram demarcados quatro quadrantes (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste), onde foram feitas medidas da vegetação e do ambiente. Em cada quadrante, para cada árvore com diâmetro à altura do peito (DAP) > 5 cm e arbusto com DAP < 5 cm e altura > 1 m mais próximos, foram medidas as distâncias até o centro da cruz, a altura, o diâmetro da copa e o diâmetro do tronco. Esta última medida foi realizada à altura do peito (1,3 m) para as árvores e à altura do tornozelo (DAT = 0,1 m) para os arbustos.

Além disso, em cada quadrante, dentro de um quadrado de 1 x 1 m demarcado no solo com canos de PVC, mediu-se com uma régua a altura da serapilheira e, através de estimativa visual, as porcentagens de cobertura de serapilheira, área verde e área de solo exposto (sem vegetação ou serapilheira), usando as seguintes classes: 0-5%, 6-25%, 26-50%, 51-75%, 76-95% e 96-100%. Utilizando-se as mesmas classes, estimou-se visualmente a porcentagem de cobertura do dossel nas quatro direções, com o auxílio de um quadrado de papelão cuja área vazada era de 10 x 10 cm, colocado a uma distância de 40 cm do olho do observador, a uma inclinação de 20° em relação a zênite (Ramos, 2000).

Posteriormente, foi calculada a área de cada fragmento no programa Google Earth Path (v. 1.4.4a). A distância até o fragmento mais próximo foi medida através do programa Google Earth, assim como a distância entre os fragmentos.

As coletas dos besouros escarabeíneos foram realizadas dentro dos fragmentos, nas áreas de Mata Atlântica próximas aos cultivos de milho. Nos fragmentos de tamanho pequeno, as coletas foram realizadas no meio do fragmento, já para os fragmentos maiores, manteve-se uma distância de 10 metros da borda do fragmento. As amostragens foram realizadas de forma intensiva durante o período de verão, entre os dias 7 e 20 de fevereiro de 2011, no período anterior à colheita do milho. Cada área foi amostrada somente uma vez durante o estudo, para evitar que as primeiras coletas interferissem nas seguintes.

As coletas foram realizadas com armadilhas de queda, tipo “pit-fall”, método comum para amostragem de invertebrados ativos na superfície do solo (Southwood, 1994). As armadilhas foram confeccionadas utilizando potes plásticos com 30 cm de circunferência e 20 cm de altura, e foram enterradas no solo até a linha da borda e protegidas por uma tampa de plástico recortada. No interior das armadilhas adicionou-se uma camada de água com detergente e 10 g de isca, sendo estas compostas de excretas humanas, bem como de pedaços de carne de

porco em decomposição, para atrair diversas espécies de acordo com o seu hábito alimentar, tanto coprófagas como necrófagas.

O protocolo de amostragem para cada fragmento consistiu em cinco pontos de coleta com uma armadilha de cada isca (cinco de carne de porco e cinco de fezes), distanciadas 5 m entre si. Cada ponto ficou distante 10 m do outro. Portanto, em cada fragmento foram instaladas dez armadilhas, totalizando um esforço amostral de 200 armadilhas. Após 48 horas de exposição, os insetos capturados foram fixados em álcool 70% e levados para o Laboratório de Ecologia Terrestre Animal (LECOTA/ECZ/UFSC), para pesagem e identificação (Vaz-de-Mello *et al.*, 2011), sendo depositados na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e na Coleção Entomológica da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).

Foram construídas curvas de acumulação de espécies para verificar o esforço amostral e calculados estimadores de riqueza de Jackknife 1, Chao 1 e Chao 2 para estimar a possibilidade de encontro de outras espécies nos fragmentos amostrados. Ambas as análises foram feitas no programa EstimateS v.7.5.2 (Colwell, 2005). Medidas ecológicas de uso frequente no monitoramento ambiental (abundância, riqueza e o índice de diversidade de Shannon-Weiner) e a análise de componentes principais (PCA) das variáveis ambientais foram calculadas no programa Primer (Clarke & Gorley, 2001). Foi utilizada a transformação de raiz quadrada para reduzir a influência das espécies comuns e diferenças na abundância total, assim foi construída a matriz de similaridade de Bray-Curtis entre as comunidades dos diversos fragmentos. Para observar a semelhança entre as espécies quanto à sua abundância relativa na distribuição ao longo dos fragmentos foi aplicado o método de ordenação de escalonamento multidimensional (MDS) no programa Primer. O método consistiu na criação de uma configuração espacial com os fragmentos indicando onde as espécies foram mais semelhantes pela proximidade dos pontos dentro desta configuração; o valor medido como “stress” indica o ajuste da configuração com os dados originais, sendo menor na medida em que o ajuste é adequado. Para testar as diferenças na distribuição de abundância das espécies entre os dois tipos de fragmentos (em meio ao milho convencional e transgênico) foi feita uma análise de similaridade (ANOSIM). Usamos a porcentagem de similaridade (SIMPER) para determinar as contribuições de cada espécie na similaridade e dissimilaridade entre as áreas. Ambas as análises foram realizadas no programa Primer.

Para avaliar se a distância entre os fragmentos se relacionou com a similaridade entre as comunidades de escarabeíneos provenientes desses fragmentos, foi realizado um teste de correlação de Pearson entre os valores das matrizes (distância espacial e similaridade) no programa Statistica (Statsoft, 2001). Para avaliar se o tamanho dos fragmentos se relacionou com a distribuição da comunidade de escarabeíneos, foram feitas correlações de Spearman, com o tamanho dos fragmentos e as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae (riqueza, abundância e biomassa) e com os componentes principais do PCA (PCA1 e PCA2), utilizando-se o programa Statistica (Statsoft, 2001).

Para observar se houve mudanças nos grupos funcionais dentro da comunidade de escarabeíneos, foram feitas correlações de Spearman entre o tamanho do fragmento e as medidas ecológicas dos grupos funcionais (residentes, escavadores, rodadores) no programa Statistica (Statsoft, 2001).

Para identificar espécies indicadoras foi usada a análise do Valor Indicador Individual (IndVal), no programa PC-ORD 5.10, sendo uma análise que combina o grau de especificidade (padrões de abundância relativa) de uma determinada espécie por um determinado ambiente e sua fidelidade dentro do ambiente (padrões de incidência), usando randomização para testar a significância de cada espécie (Dufrene & Legendre, 1997).

## RESULTADOS

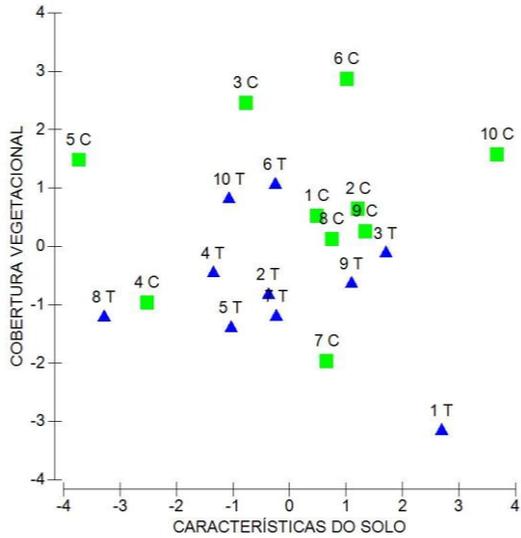
### **Descrição ambiental: complexidade da vegetação e tamanho dos fragmentos**

A análise de componentes principais (PCA) ordenou os pontos de coleta de acordo com as características ambientais calculadas a partir das variáveis medidas (Tabela I). Não houve um padrão para os diferentes tipos de cultivo, mostrando que a vegetação, dentro dos fragmentos, variou por motivos independentes ao tipo de cultivo contíguo a estes (Figura 2).

A análise de componentes principais mostrou que a complexidade da vegetação variou pouco, independentemente do tipo de cultivo contíguo ao fragmento. Na Figura 2 é possível observar que não há características ambientais que agrupem os fragmentos contíguos aos dois tipos de lavoura, demonstrando que as unidades amostrais, as quais foram aleatoriamente selecionadas, não tiveram características que pudessem influenciar as comunidades de escarabeíneos que as habitam.

O eixo 1 da análise (PC1) explicou 31,8% da variação dos dados e foi fortemente influenciado pela cobertura verde, cobertura de serapilheira, distância ao arbusto e solo exposto (Tabela II). Portanto, este eixo estaria representando as características do solo e, por este motivo, foi representado com este nome. O eixo 2 (PC2) explicou 20,3% da variação dos dados e foi influenciado pela altura do arbusto, da árvore e área basal das árvores, sendo representado pelo nome de “cobertura vegetacional”.

Alguns fragmentos, como os contíguos ao milho convencional 3, 5, 6 e 10, apresentaram maior cobertura vegetacional, onde os arbustos foram maiores e as árvores mais finas; contrariamente, no fragmento transgênico 1, os arbustos foram mais próximos entre si e o solo teve maior cobertura de serapilheira e menor cobertura verde.



**Figura 2:** Análise de componentes principais (PCA) das variáveis ambientais nos 20 fragmentos na região de Campos Novos, SC. Quadrados indicam fragmentos em meio de milho convencional; triângulos indicam fragmentos em meio de milho transgênico.

**Tabela I.** Resultado da Análise de Componentes Principais para os componentes 1 e 2, destacando-se as variáveis que tiveram maior influência em cada vetor.

Variável ambiental	PC1	PC2
Distância à árvore	0,041	-0,380
Área Basal da árvore	0,241	<b>-0,400</b>
Altura da árvore	0,159	<b>-0,412</b>
Distância ao arbusto	<b>-0,423</b>	-0,099
Área Basal do arbusto	0,156	0,386
Altura do arbusto	0,257	<b>0,532</b>
Serapilheira	0,240	-0,163
Cobertura Verde	<b>-0,482</b>	-0,038
Cobertura Serapilheira	<b>0,464</b>	0,067
Solo exposto	0,310	-0,225
Cobertura do dossel	0,212	-0,010

Os 20 fragmentos variaram em tamanho, desde pequenos, com 1.141 m<sup>2</sup>, até grandes áreas, sendo o maior deles de 355.938 m<sup>2</sup> (Tabela II). A variação de tamanho entre os fragmentos em meio ao milho convencional foi semelhante à variação de tamanho em meio ao milho transgênico, embora os fragmentos em meio a milho transgênico foram, em geral, um pouco maiores. Tampouco houve relação entre o tamanho do fragmento e a complexidade ambiental dentro deles, sendo que as medidas de correlação de Spearman entre o tamanho e o valor do PC1 (características do solo) e do PC2 (cobertura vegetal) não obtiveram significância nem para os fragmentos no meio de milho convencional ( $r = 0,61$  entre tamanho dos fragmentos convencionais e o PC1;  $r = 0,26$  entre tamanho e PC2) nem para os fragmentos em meio ao milho transgênico ( $r = 0,18$  entre tamanho e o PC1;  $r = -0,41$  entre tamanho e PC2).

A distância entre os fragmentos variou de 25 m até 2 km, estando distribuídos em uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, não tendo nenhum tipo de concentração espacial, tanto dos fragmentos em meio ao milho convencional como em meio ao milho transgênico em uma determinada área. A distância de cada fragmento até o fragmento mais próximo, independentemente se neste houve coleta ou não, variou de 25 a 284 m (Tabela II). A distância geográfica entre os fragmentos não teve

influência na distribuição dos cultivos de milho, se convencionais ou transgênicos (ver figura 1).

Em relação à altitude dos fragmentos, ela variou de 710 a 950 metros sobre o nível do mar. Os fragmentos 9T e 10T foram os que se localizaram em regiões mais altas e os fragmentos 1T, 2T e 3T se localizaram nas regiões de menor altitude (Tabela II).

**Tabela II:** Área, altitude, distância ao fragmento mais próximo, primeiro componente principal (PCA1), segundo componente principal (PCA2) dos 20 fragmentos onde os besouros escarabeíneos foram coletados em Campos Novos, SC. C: fragmentos em meio ao milho convencional, T: fragmentos em meio ao milho transgênico.

Fragmentos	Área (m <sup>2</sup> )	Altitude (m.s.n.m.)	Distância ao próximo fragmento (m)	PCA 1 (solo)	PCA 2 (arv/arb)
1C	186.929	860	232	0.49	0.53
2C	11.691	900	235	1.21	0.66
3C	5.664	900	233	-0.77	2.47
4C	1.141	860	40	-2.53	-0.96
5C	1.905	860	40	-3.73	1.49
6C	2.616	900	81	1.02	2.88
7C	2.501	905	223	0.66	-1.96
8C	2.891	730	125	0.74	0.13
9C	11.971	740	25	1.34	0.26
10C	25.053	760	25	3.68	1.58
1T	21.017	720	87	2.69	-3.15
2T	1.770	710	88	-0.37	-0.82
3T	2.727	720	284	1.71	-0.11
4T	9.300	890	140	-1.35	-0.45
5T	23.873	890	273	-1.04	-1.39
6T	3.768	900	175	-0.25	1.06
7T	355.938	900	126	-0.24	-1.20
8T	4.248	900	140	-3.28	-1.21
9T	35.467	920	36	1.10	-0.63
10T	13.815	950	134	-1.07	0.81

## Estrutura e composição da comunidade de escarabeíneos

Foram coletados 1.502 escarabeíneos, pertencentes a seis tribos, 12 gêneros e 33 espécies (Tabela III). O número de indivíduos coletados nos fragmentos em meio ao milho convencional (805 indivíduos) foi semelhante ao coletado nos fragmentos em meio a milho transgênico (697 indivíduos). O número de espécies foi igual, com 27 espécies em cada tipo de fragmento.

A composição das espécies dominantes entre os dois tipos de fragmentos foi diferente: as espécies dominantes nos fragmentos em meio ao milho convencional foram *Onthophagus tristis* Harold, 1873 (167 indivíduos; 20,7%), *Uroxys aff. terminalis* Waterhouse, 1891 (153 indivíduos; 19%) *Uroxys* sp. (97 indivíduos; 12%), e nos fragmentos em meio ao milho transgênico foram *Eurysternus francinae* Génier, 2009 (165 indivíduos; 23,7%), *Canthon latipes* Blanchard, 1845 (119 indivíduos; 17,1%) e *Eurysternus parallelus* Castelnau, 1840 (83 indivíduos; 11,9%).

As espécies *Canthidium aff. breve* (Germar, 1824), *Dichotomius lucuosus* (Harold, 1869), *Deltochilum riehli* Harold, 1868, *Eurysternus calligrammus* Dalman, 1824 e *Eurysternus caribaeus* (Herbst, 1789) foram coletados somente nos fragmentos em meio ao milho convencional, e as espécies *Dichotomius fissus* (Harold, 1867), *Ontherus azteca* Harold, 1869, *Onthophagus catharinensis* Paulian, 1936, *Onthophagus aff. hirculus* Mannerheim, 1829 e *Malagoniella virens* (Harold, 1869) somente nos fragmentos em meio ao milho transgênico (Tabela III).

Quando comparadas as espécies presentes nos dois tipos de fragmentos, algumas se destacam por apresentarem grande variação na abundância: *Dichotomius aff. sericeus* (Harold, 1867) (75% dos indivíduos se encontravam nos fragmentos próximos a milho convencional), *E. francinae* (98% nos fragmentos próximos a milho transgênico), *O. tristis* (82% nos fragmentos próximos a milho convencional) e *U. aff. terminalis* (75% nos fragmentos próximos a milho convencional) (Tabela III).

As espécies coletadas possuem grande diversidade de tamanho, refletindo a diversidade existente na subfamília. A maior espécie coletada foi *Deltochilum brasiliense* (Castelnau, 1840), com média de 362 mg de peso seco e cerca de 2,5 cm de comprimento total. A menor espécie, *Uroxys* sp., apresentou média de 7 mg e 0,3 cm de comprimento (Tabela III).

Observando a média do peso seco das espécies mais abundantes, é possível perceber que as três espécies mais abundantes encontradas em meio ao milho convencional apresentaram menor biomassa (12 mg para

*O. tristis*, 8 mg para *U. aff. terminalis* e 7 mg para *Uroxys* sp.) do que as espécies mais abundantes encontradas em meio ao milho transgênico (75 mg para *E. francinae*, 44 mg para *C. latipes* e 32 mg para *E. parallelus* (Tabela III).

Em relação às guildas funcionais de alocação do recurso alimentar, as espécies se distribuíram da seguinte maneira: 19 espécies do grupo funcional dos escavadores ou paracoprídeos, que incluem as tribos Ateuchini, Coprini, Onthophagini e Phanaeini; nove espécies do grupo dos rodadores ou telecoprídeos, que incluem as espécies da tribo Deltochilini, e quatro espécies residentes ou endocoprídeas da tribo Oniticeolini (Tabela III).

Nos fragmentos em meio ao milho convencional foram encontradas 15 espécies de escavadores, oito de rodadores e quatro de residentes, e nos fragmentos em meio ao milho transgênico foram encontradas 17 espécies de escavadores, nove de rodadores e duas de residentes (Tabela III).

**Tabela III.** Espécies de Scarabaeinae coletadas em 20 fragmentos (fev/2011) em Campos Novos/SC, Brasil. (\*) Asterisco indica espécie encontrada somente em um fragmento. S: Número de espécies, N: número de indivíduos, T: fragmentos contíguos a milho transgênico, C: fragmentos contíguos a milho convencional, Peso médio de indivíduos, GF: guilda funcional, E: endocoprídea, P: paracoprídea, T: telecoprídea.

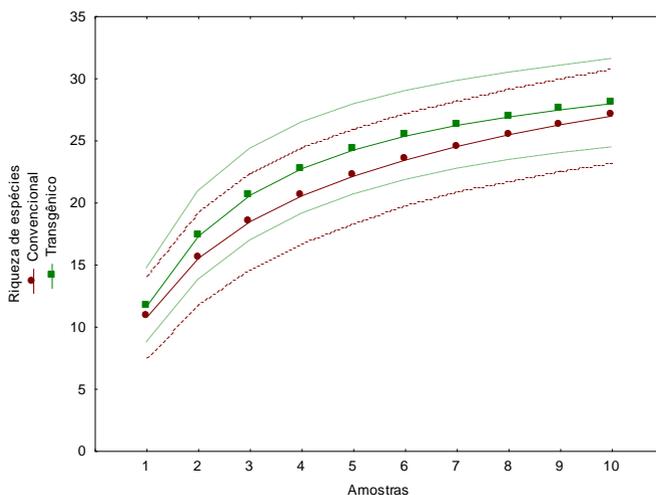
Tribo/espécies	Fragmentos		Total	Peso médio (mg)	GF
	T	C			
<b>Ateuchini (S = 2; N = 306)</b>					
<i>Uroxys aff. terminalis</i> Waterhouse, 1891	51	153	204	8	P
<i>Uroxys</i> sp.	5	97	102	7	P
<b>Coprini (S = 12; N = 267)</b>					
<i>Canthidium aff. breve</i> (Germar, 1824)	0	2	2	5	P
<i>Canthidium cavifrons</i> Balthasar, 1939	15	16	31	7	P
<i>Canthidium aff. dispar</i> Harold, 1867	6	11	17	28	P
<i>Canthidium moestum</i> Harold, 1867	2	2	4	22	P
<i>Canthidium aff. trinodosum</i> (Bohemann, 1858)	16	17	33	8	P
<i>Dichotomius bicuspis</i> Germar, 1824	14	10	24	137	P
<i>Dichotomius fissus</i> (Harold, 1867)	2	0	2	437	P
<i>Dichotomius aff. sericeus</i> (Harold, 1867)	25	75	100	171	P
<i>Dichotomius luctuosus</i> * (Harold, 1869)	0	1	1	201	P
<i>Homocoprís</i> sp.	18	6	24	118	P
<i>Ontherus azteca</i> Harold, 1869	3	0	3	44	P
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius, 1775)	1	25	26	82	P
<b>Deltochilini (S = 9; N = 401)</b>					
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1845	23	55	81	32	T
<i>Canthon ibarragrassoi</i> Martínez, 1952	4	0	4	8	R
<i>Canthon latipes</i> Blanchard, 1845	119	93	212	44	T
<i>Canthon lividus</i> Blanchard, 1845	10	24	34	30	T
<i>Canthon aff. luctuosus</i> Harold, 1868	9	3	12	13	T
<i>Canthon aff. oliverioi</i> Pereira & Martínez, 1956	1	1	2	14	T

Continuação. **Tabela III.** Espécies de...

<i>Deltochilum brasiliense</i> (Castelnau, 1840)	27	6	33	362	T
<i>Deltochilum cristatum</i> Paulian, 1938	18	6	24	58	T
<i>Deltochilum riehli</i> * Harold, 1868	0	1	1	27	T
<i>Malagoniella virens</i> * (Harold, 1869)	1	0	1	249	T
<b>Oniticellini (S = 4; N = 279)</b>					
<i>Eurysternus calligrammus</i> * Dalman, 1824	0	1	1	40	E
<i>Eurysternus caribaeus</i> *(Herbst, 1789)	0	1	1	109	E
<i>Eurysternus francinae</i> Génier, 2009	165	4	169	76	E
<i>Eurysternus parallelus</i> Castelnau, 1840	83	25	108	32	E
<b>Onthophagini (S = 3; N = 229)</b>					
<i>Onthophagus catharinensis</i> Paulian, 1936	17	0	17	6	P
<i>Onthophagus aff. hirculus</i> Mannerheim, 1829	8	0	8	6	P
<i>Onthophagus tristis</i> Harold, 1873	37	167	204	12	P
<b>Phanaeini (S = 2; N = 20)</b>					
<i>Coprophanaeus saphirinus</i> (Sturm, 1828)	9	1	10	361	P
<i>Sulcophanaeus menelas</i> (Castelnau, 1840)	8	2	10	200	P
Número de indivíduos	697	805	1502		
Número de espécies	28	27	33		

As curvas de acumulação de espécies (Mao Tau) para as comunidades de ambos os tipos de fragmentos (Figura 3) apresentaram-se com leve inclinação da curva, indicando suficiência amostral no estudo. O número de espécies observadas foi, no mínimo, 80% dos valores estimados de riqueza de espécies pelos estimadores Chao 1 e 2, Jackknife 1 (Tabela IV).

Todos os estimadores mostraram que não há diferença significativa na riqueza entre as comunidades de escarabeíneos em fragmentos em meio de milho convencional e transgênico (Tabela IV).



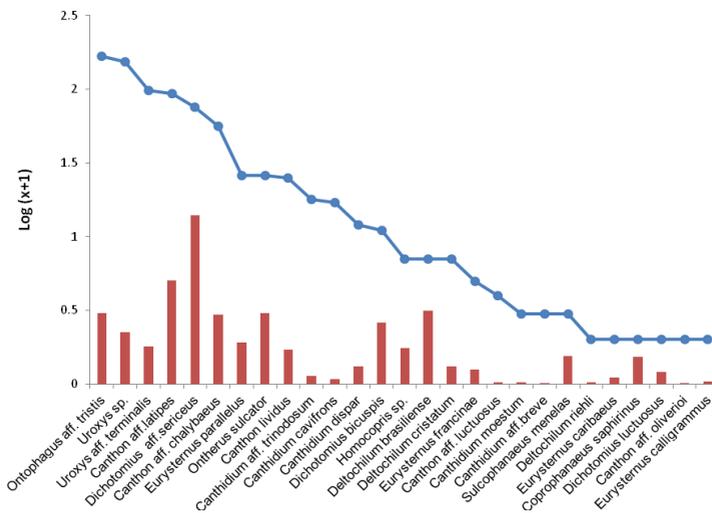
**Figura 3-** Curva de acumulação de espécies (Mao Tau) de besouros escarabeíneos nos 20 fragmentos, amostrados com armadilhas de queda iscadas, em fevereiro de 2011, na região de Campos Novos, SC.

**Tabela IV:** Abundância, riqueza observada, estimadores de riqueza Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1 (com intervalos de confiança de 95%), biomassa média das espécies por fragmento e biomassa total, calculados para as comunidades de besouros Scarabaeinae nos fragmentos em meio ao milho transgênico e convencional na região de Campos Novos, SC.

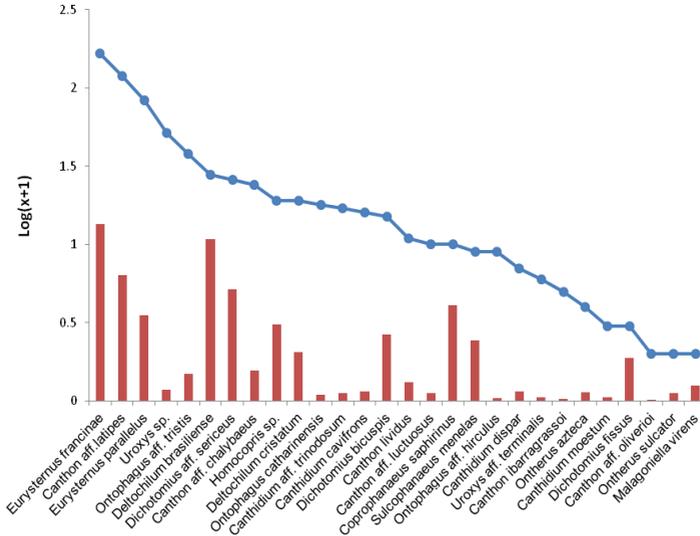
Medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae	Fragmentos em meio ao milho transgênico	Fragmentos em meio ao milho convencional
Abundância (N)	697	805
Riqueza (S)	28	27
Variação da Riqueza/fragmentos	10 a 16	8 a 15
Riqueza estimada:		
Chao 1	29,00	30,75
Chao 2	30,25	30,15
Jackknife 1	32,5 (11,5 – 31,98)	33,3 (11,8 - 30,6)
Shannon (H')	2,583	2,395
Biomassa total	47,60 g	33,75 g
Biomassa média por fragmento	0,0723g	0,0428g

As curvas de distribuição de abundância das espécies nos fragmentos em meio a milho convencional e milho transgênico foram similares, com poucas espécies muito abundantes e muitas espécies de abundância intermediária (Figuras 4 e 5).

A distribuição da biomassa não foi igual nos dois tipos de fragmentos já que as espécies que mais contribuíram em biomassa foram diferentes nos fragmentos em meio ao milho convencional e milho transgênico (Figuras 4 e 5). A espécie que mais contribuiu em biomassa nos fragmentos em meio ao milho convencional foi *D. aff. sericeus* e nos fragmentos em meio ao milho transgênico foram *E. francinae* e *D. brasiliense*. No geral, espécies maiores e, conseqüentemente, com maior biomassa, foram encontradas com maior frequência nos fragmentos em meio ao milho transgênico: *C. saphirinus* (Sturm, 1828), *D. brasiliense*, *E. francinae* e *S. menelas* (Castelnau, 1840) (Figura 5), enquanto espécies menores (*Onthophagus tristis*, *Uroxys* sp. e *Uroxys aff. terminalis*) foram mais abundantes nos fragmentos em meio ao milho convencional (Figura 4).



**Figura 4:** Distribuição de abundância (linha) e de biomassa (barra), em  $\log (X+1)$ , dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em fragmentos em meio a milho convencional na região de Campos Novos, SC.



**Figura 5:** Distribuição de abundância (linha) e de biomassa (barra), em log (X+1), dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 em fragmentos em meio a milho transgênico na região de Campos Novos, SC.

A similaridade das comunidades dos fragmentos em meio ao milho convencional, quando analisadas a partir da abundância de cada espécie, foi de 47%. As espécies *O. tristis*, *Canthon chalybaeus* Blanchard, 1845 e *C. latipes* foram as que mais contribuíram para esta similaridade (60% do total). A similaridade da comunidade nos fragmentos em meio ao milho transgênico foi de 44%, e as espécies *C. latipes*, *E. francinae*, *E. parallelus* e *C. chalybaeus* foram as que mais contribuíram para esta similaridade (59%).

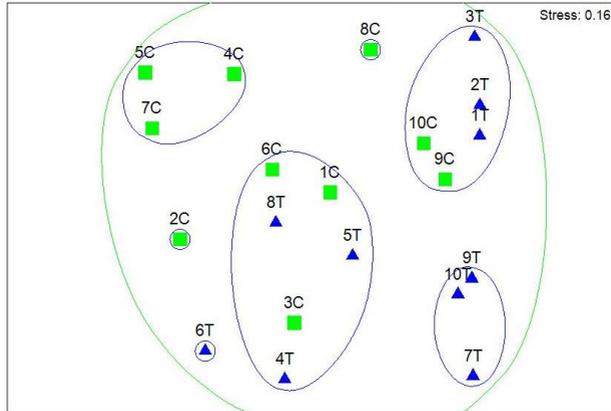
Analisando a comunidade de escarabeíneos entre os fragmentos contíguos aos dois tipos de cultivo, observou-se que houve diferença dependendo do tipo de fragmento (ANOSIM  $r = 0,4$ ;  $p = 0,002$ ). A dissimilaridade entre os dois tipos de fragmentos (convencional e transgênico) foi de 63% e sete espécies foram responsáveis por 50% dessa dissimilaridade (*E. francinae*, *O. tristis*, *Uroxys sp.*, *E. parallelus*, *C. latipes*, *D. aff. sericeus* e *U. aff. terminalis*).

A similaridade das comunidades em meio ao milho convencional, quando analisadas a partir da biomassa dos indivíduos das diversas espécies, foi de 38% e as espécies *C. latipes*, *O. tristis*, *C. chalybaeus* e *Ontherus sulcator* (Fabricius, 1775) foram as que mais contribuíram para esta similaridade (62%). A similaridade na distribuição da biomassa entre os fragmentos em meio ao milho transgênico foi de 39% e as espécies *C. latipes*, *E. francinae*, *E. parallelus* e *D. brasiliense* foram as que mais contribuíram para esta similaridade (67%).

O padrão de distribuição da biomassa das espécies foi diferente nos dois tipos de fragmentos (ANOSIM  $r = 0,286$ ;  $p = 0,009$ ). A dissimilaridade entre os dois tipos de fragmentos (convencional e transgênico) foi de 66%, sendo sete espécies as responsáveis por 55% dessa dissimilaridade: *E. francinae*, *D. sericeus*, *D. brasiliense*, *C. latipes*, *E. parallelus*, *Dichotomius bicuspis* Germar, 1824 e *O. sulcator*.

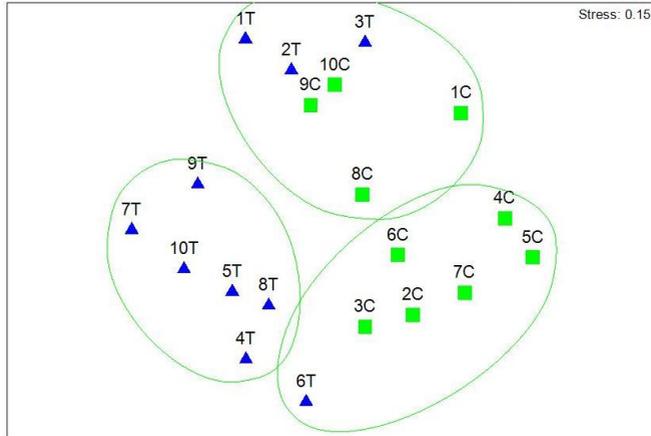
Apesar das diferenças entre as comunidades de escarabeíneos encontradas nos fragmentos em meio aos dois tipos de lavouras o coeficiente de similaridade de Sorensen (0,814), quando comparadas as comunidades oriundas de ambos os tipos de fragmentos, mostra que a composição de espécies foi muito semelhante.

O escalonamento multidimensional, feito a partir da análise de similaridade das comunidades de Scarabaeinae dos 20 fragmentos através do coeficiente de similaridade de Sorensen, mostrou haver semelhança entre a composição das comunidades vindas de fragmentos em meio ao milho transgênico e em meio ao milho convencional, existindo uma fraca segregação entre os dois tipos de fragmentos (Figura 6).



**Figura 6:** Escalonamento Multidimensional (MDS) das comunidades de Scarabaeinae em 20 fragmentos em Campos Novos, SC. O círculo maior agrupa com similaridade de Sorensen de 60%. Os círculos menores mostram 4 grupos com similaridade de 40%. T = fragmentos adjacentes ao milho transgênico, C = fragmentos adjacentes ao milho convencional.

A similaridade entre os 20 fragmentos, quando comparados considerando a abundância relativa das espécies através do coeficiente de similaridade de Bray Curtis, mostrou que a maioria dos fragmentos transgênicos se agrupou com cerca de 40% de similaridade (Figura 7). Apesar de serem as mesmas espécies nos dois tipos de fragmentos a abundância das mesmas foi diferente nos fragmentos em meio ao milho transgênico e convencional.



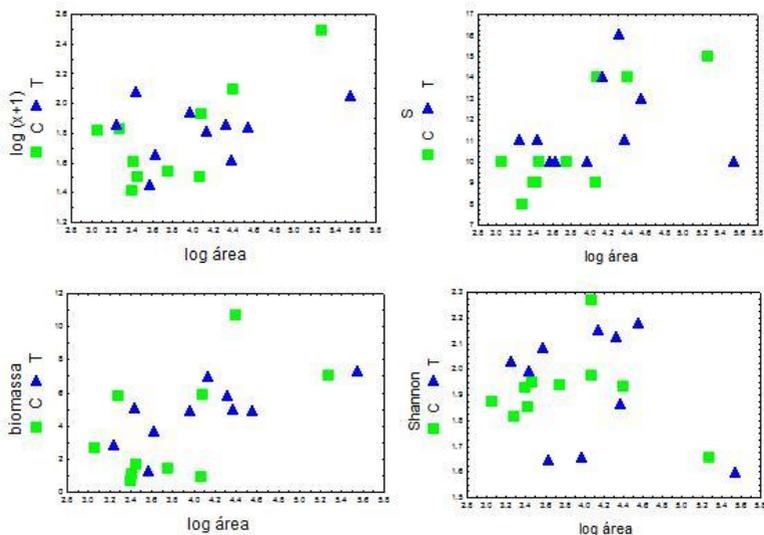
**Figura 7:** Escalonamento Multidimensional (MDS) das comunidades de Scarabaeinae em 20 fragmentos em Campos Novos, SC. Os círculos agrupam com similaridade de Bray Curtis de 40%. T = fragmentos adjacentes ao milho transgênico, C = fragmentos adjacentes ao milho convencional.

A análise (Bio-Env) que relacionou a matriz de similaridade de escarabeíneos e a matriz das variáveis ambientais dos fragmentos, não foi significativa ( $r = 0,238$ ;  $p = 0,09$ ), demonstrando que as variáveis ambientais dos fragmentos não explicam a diferença da comunidade de escarabeíneos entre os fragmentos em meio ao milho convencional e milho transgênico.

Assim também a correlação entre os valores da matriz de similaridade de escarabeíneos e da matriz de distância geográfica entre os fragmentos mostrou uma fraca relação negativa ( $r = -0,366$ ), mostrando, da mesma forma, que somente as distâncias entre os fragmentos não explicam a diferença entre a comunidade proveniente dos fragmentos em meio ao milho convencional e em meio ao milho transgênico.

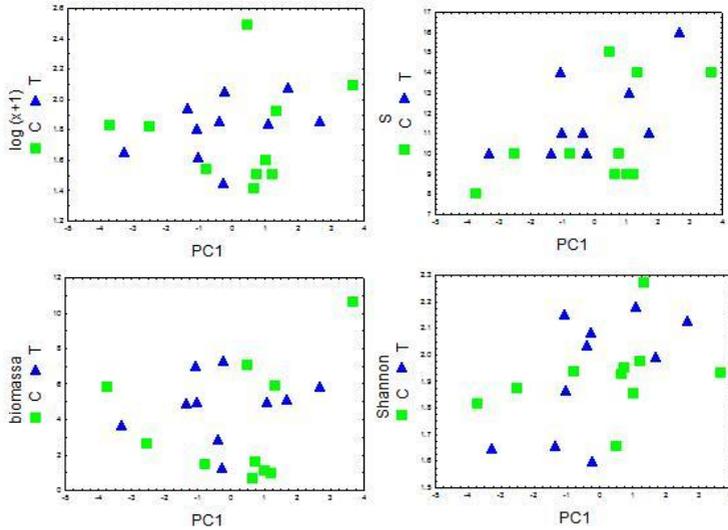
O resultado da avaliação entre as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae e o tamanho dos fragmentos, mostrou que há correlação significativa somente entre a riqueza de espécies e o tamanho do fragmento dentro de milho convencional ( $r_s = 0,72$ ) e que não há correlação entre o tamanho dos fragmentos e as variáveis de abundância, biomassa e diversidade (Figura 8, ver quadrados). Entre o tamanho dos fragmentos em meio ao milho transgênico e as variáveis de abundância, riqueza, biomassa e diversidade ( $H'$ ) não houve nenhuma correlação significativa (Figura 8, ver triângulos), mostrando que, embora o aumento do ta-

manho do fragmento influencie positivamente as comunidades de Scarabaeinae, não houve um padrão que corroborasse essa tendência.



**Figura 8:** Distribuição das medidas ecológicas das comunidades de escarabeíneos em relação ao tamanho dos fragmentos ( $\log$  área em  $m^2$ ): abundância de indivíduos  $\log(x+1)$ , riqueza (S), biomassa total (em g) e diversidade (Shannon). Quadrados indicam fragmentos em meio de milho convencional; triângulos indicam fragmentos em meio de milho transgênico.

Não foi observado um padrão que refletisse mudanças na comunidade de Scarabaeinae dependendo da complexidade ambiental de cada fragmento, uma vez que não houve nenhuma correlação significativa entre as variáveis de abundância, riqueza, biomassa e diversidade ( $H'$ ) e o primeiro componente principal (Figura 9). Também não houve relação entre essas variáveis e o segundo componente principal.



**Figura 9:** Distribuição das medidas ecológicas das comunidades de escarabeídeos em relação ao primeiro componente principal (PC1): abundância de indivíduos  $\log(x+1)$ , riqueza ( $S$ ), biomassa total (em g) e diversidade (Shannon). Quadrados indicam fragmentos em meio de milho convencional; triângulos indicam fragmentos em meio de milho transgênico.

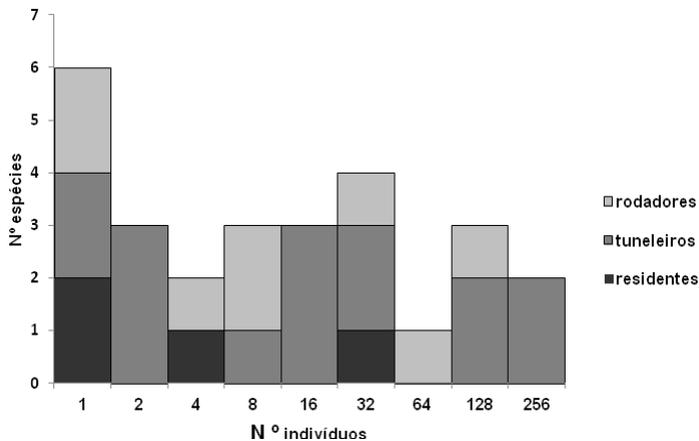
A proporção de indivíduos dos grupos funcionais foi bastante diferente nos dois tipos de fragmentos. Dentro do grupo funcional dos residentes houve correlações significativas com a riqueza, abundância, biomassa e diversidade ( $H'$ ) nos fragmentos em meio ao milho transgênico. Nos fragmentos em meio ao milho convencional houve correlação entre o tamanho do fragmento e a abundância e a biomassa total (Tabela V). No grupo funcional dos rodadores houve correlação entre o tamanho do fragmento e a biomassa nos fragmentos em meio ao milho convencional. No grupo dos escavadores nenhuma correlação foi observada (Tabela V).

**Tabela V:** Valores da correlação de Spearman entre o tamanho do fragmento (log) e as medidas ecológicas dos grupos funcionais da comunidade de Scarabaeinae coletadas na região de Campos Novos, SC. T: fragmentos em meio ao milho transgênico, C: fragmentos em meio ao milho convencional.

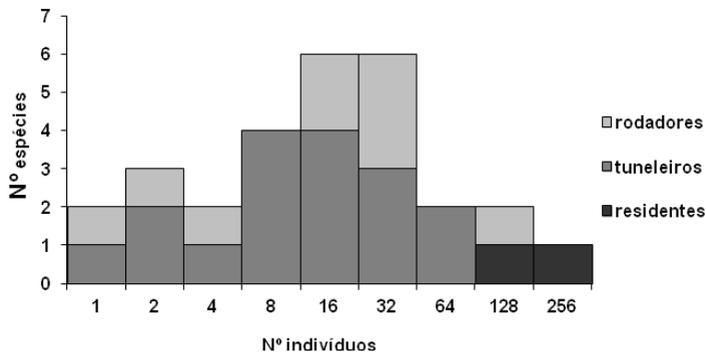
	Residentes		Escavadores		Rodadores		Todos os escarabeíneos	
	C	T	C	T	C	T	C	T
Riqueza	0,43	0,85*	0,41	0,15	0,47	0,26	0,72*	0,18
Abundância	0,71*	0,71*	0,40	0,16	0,60	0,33	0,48	0,03
Biomassa	0,71*	0,70*	0,50	0,19	0,64*	0,37	0,48	0,62
Shannon	0,24	0,86*	0,09	0,02	0,05	0,41	0,26	0,01

(\*significativo, com  $p < 0,05$ )

Os diagramas de distribuição de abundância dos Scarabaeinae, separados por grupos funcionais nos fragmentos em meio ao milho convencional e transgênico, mostram claramente que a abundância dos diversos grupos funcionais foi diferente nos dois tipos de fragmentos (Figuras 10 e 11). Os residentes foram mais abundantes nos fragmentos em meio ao milho transgênico e os escavadores nos fragmentos em meio ao milho convencional. Enquanto nos fragmentos em meio ao milho convencional foram coletados muitos indivíduos de escavadores, nos fragmentos em meio ao milho transgênico foram coletados mais espécimes de residentes.



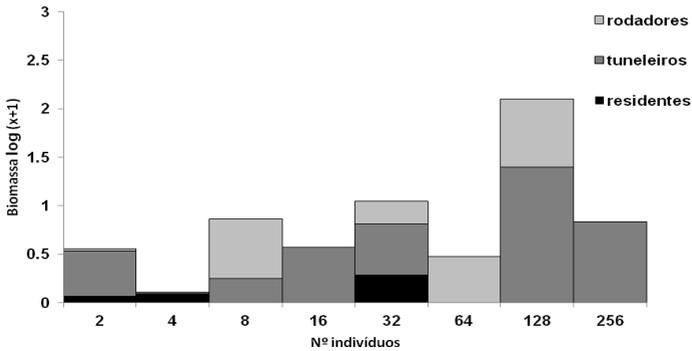
**Figura 10:** Distribuição de abundância (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho convencional na região de Campos Novos, SC.



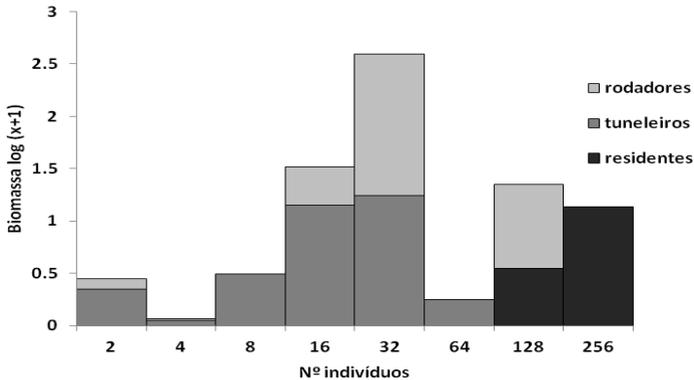
**Figura 11:** Distribuição de abundância (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho transgênico na região de Campos Novos, SC

Os diagramas de distribuição de abundância em relação à contribuição de biomassa por grupo funcional nos fragmentos em meio ao milho convencional e transgênico também mostraram que a quantidade de biomassa dos grupos funcionais foi diferente (Figuras 12 e 13). Os escavadores foram os que mais contribuíram nos fragmentos em meio ao

milho convencional e os residentes nos fragmentos em meio ao milho transgênico.



**Figura 12:** Distribuição de biomassa (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho convencional na região de Campos Novos, SC.



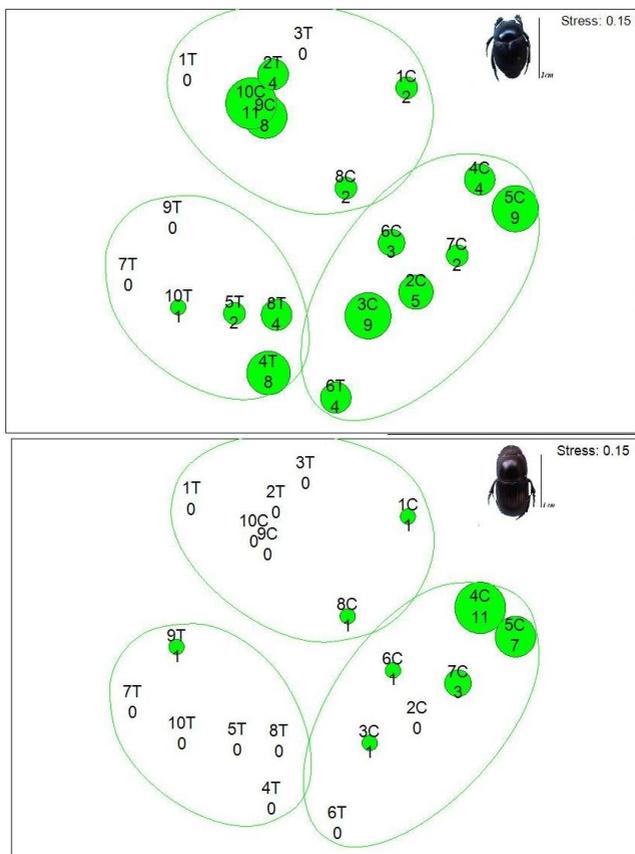
**Figura 13:** Distribuição de biomassa (em oitavas) dos grupos funcionais dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em fevereiro de 2011 nos fragmentos em meio ao milho transgênico na região de Campos Novos, SC.

O resultado do teste de Valor Indicador Individual (IndVal) mostrou que cinco espécies têm significativa preferência por algum tipo de fragmento (Tabela VI). As espécies *O. tristis* (81,9%), *C. aff. chalybaeus* (67,9%), *O. sulcator* (67,3%) e *U. aff. terminalis* (66,6%) são indicadoras de fragmentos de mata em meio ao milho convencional. As espécies *E. francinae* (78,1%) e *E. parallelus* (61,5%) são indicadoras de fragmentos de mata em meio ao milho transgênico (Tabela VI).

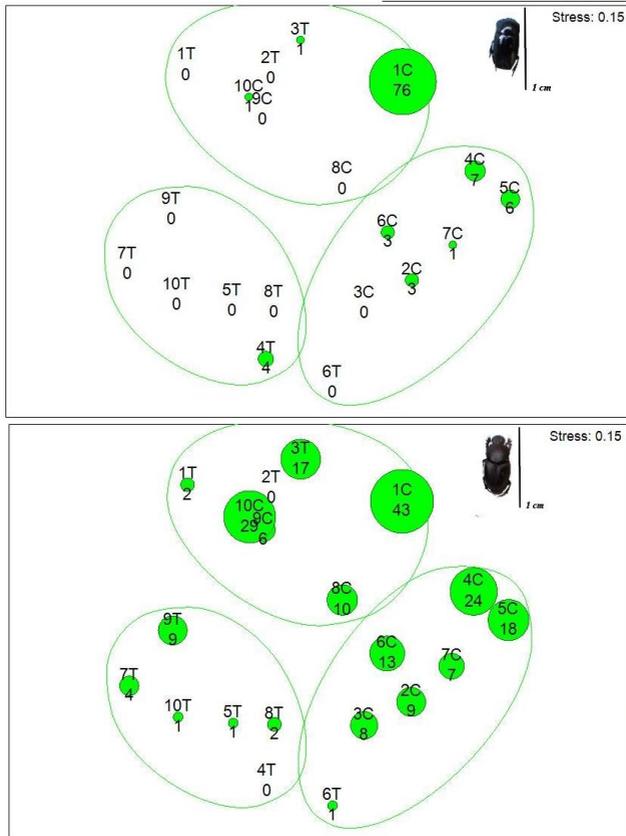
**Tabela VI:** Resultado do teste de Valor Indicador Individual (IndVal) das cinco espécies de escarabeíneos com preferência significativa ( $p^*$ ) por algum tipo de fragmento, em meio ao cultivo de milho convencional e em meio ao cultivo de milho transgênico. As espécies foram ordenadas de acordo com o valor de Ind-Val.

Espécies	Cultivo	Valor IndVal	$p^*$
<i>Onthophagus tristis</i>	Convencional	81,9	0,0014
<i>Eurysternus francinae</i>	Transgênico	78,1	0,0030
<i>Canthon aff. chalybaeus</i>	Convencional	67,9	0,0272
<i>Ontherus sulcator</i>	Convencional	67,3	0,0134
<i>Uroxys aff. terminalis</i>	Convencional	66,6	0,0252
<i>Eurysternus parallelus</i>	Transgênico	61,5	0,0638

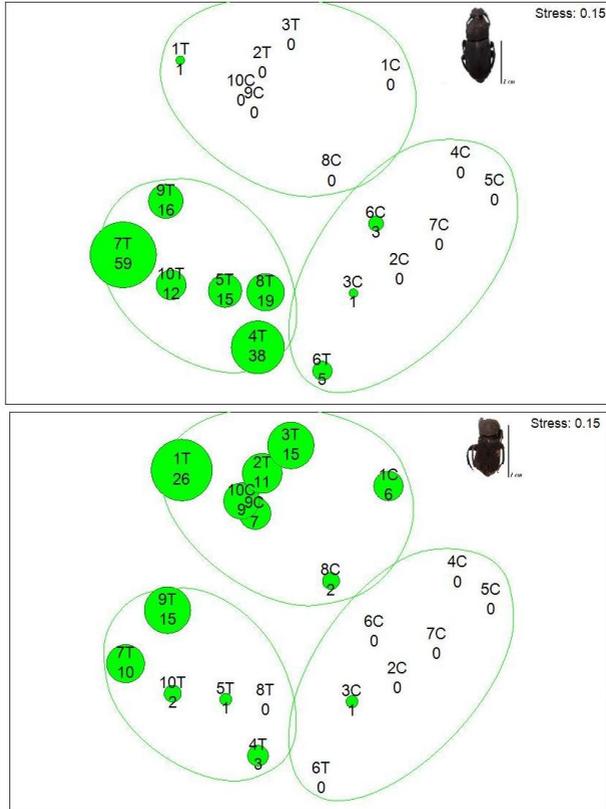
A Figura 14 mostra a quantidade de indivíduos das espécies *C. aff. chalybaeus* e *O. sulcator* dentro da comunidade, representada no MDS a partir da similaridade de Bray Curtis. De forma análoga, as espécies *U. aff. terminalis* e *O. tristis* estão representadas na Figura 15. Ambas as figuras mostram que estas espécies foram encontradas principalmente em fragmentos em meio ao milho convencional. As espécies *E. francinae* e *E. parallelus* apresentaram grande quantidade de indivíduos em fragmentos de mata em meio ao milho transgênico (Figura 16).



**Figura 14:** Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) *Canthon aff. chalybaeus* e (b) *Ontherus sulcator* em cada fragmento.



**Figura 15:** Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) *Uroxys aff. terminalis* e (b) *Onthophagus tristis* em cada fragmento.



**Figura 16:** Escalonamento Multidimensional (MDS) mostrando a similaridade de Bray-Curtis de 40% entre a comunidade de besouros dos fragmentos amostrados. As circunferências preenchidas representam a abundância de (a) *Eurysternus francinae* e (b) *Eurysternus parallelus* em cada fragmento.

## DISCUSSÃO

A riqueza de espécies da comunidade de besouros Scarabaeinae encontrada nos fragmentos na região de Campos Novos-SC foi alta, mas não difere do esperado para comunidades de Mata Atlântica quando comparada com outros estudos e levantamentos. O número de espécies encontradas (33) é semelhante ao de regiões próximas: Medri & Lopes (2001) encontraram 32 espécies na Mata Atlântica do norte do Paraná (Parque Estadual Mata dos Godoys), Hernández & Vaz-de-Mello (2009) registraram 39 espécies na Mata Atlântica de São Paulo (Serra do Japi) e Silva e colaboradores (2011) encontraram 35 espécies em Santa Maria, RS.

O padrão observado na comunidade estudada, com poucas espécies muito abundantes e muitas com um número reduzido de indivíduos, é comum em comunidades deste táxon (Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008b). Porém, é conhecido que essas diferenças na abundância das espécies dominantes para as demais se elevam em áreas com maiores níveis de alteração (Nichols *et al.*, 2007).

O tamanho dos fragmentos influenciou a comunidade de escarabeíneos, mas não mostrou diferenças na estrutura das mesmas entre os dois tipos de fragmentos. A hipótese de que fragmentos menores têm menos espécies de besouros Scarabaeinae encontra grande apoio na literatura (Klein, 1989; Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008b; Filgueiras *et al.*, 2011). Adicionado a este fato, a perda de grandes mamíferos ocasionada pela diminuição e fragmentação de florestas pode alterar o padrão de disponibilidade de recursos para os besouros copro-necrófagos (Estrada *et al.*, 1999; Nichols *et al.*, 2009), resultando em menor riqueza de espécies quando comparadas a áreas menos degradadas.

Outra hipótese que poderia diferenciar a estrutura das comunidades entre os fragmentos é a de que fragmentos menos complexos ambientalmente teriam menor riqueza e abundância de besouros escarabeíneos (Halffter *et al.*, 1992; Halffter & Arellano, 2002; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009). No presente trabalho, foi demonstrado que as variáveis ambientais, medidas a partir da complexidade da vegetação em cada fragmento, não mostraram diferenças associadas à proximidade dos cultivos de milho, se convencionais ou transgênicos. Além disso, foi provado que as comunidades de besouros provenientes de fragmentos em meio aos dois tipos de cultivos não diferiram entre si quando se testou a relação entre a diversidade de besouros e a complexidade ambiental.

Quando analisados os descritores da comunidade de Scarabaeinae, houve diferenças, tanto a partir da abundância como da biomassa, nas comunidades oriundas dos fragmentos em meio ao milho convencional e transgênico. Estes dados mostram que esta comunidade foi afetada pela presença dos transgênicos no ecossistema, o que não foi encontrado em alguns estudos, como no trabalho de Balog e colaboradores (2010) realizado na Hungria, no qual a comunidade de besouros Staphylinidae em áreas de milho transgênico não diferiu da comunidade dos seus isogênicos.

Existem outros trabalhos realizados com diferentes espécies de insetos, principalmente a nível populacional, que mostram que a presença do transgênico não afetaria esses organismos. Assim, a joaninha *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), alimentada com pólen de milho transgênico, não apresentou alterações nas taxas de desenvolvimento, peso e atividade metabólica (Zhang *et al.*, 2005). Nenhum efeito foi observado para o coleóptero predador *Pterostichus madidus* (Fabricius, 1775), alimentado com larvas que se desenvolveram em canola transgênica (Ferry *et al.*, 2006). Para o algodão transgênico, não foram observados efeitos negativos na guilda dos polinizadores (Hofs *et al.*, 2005). De 87 estudos realizados para avaliar a resposta da proteína *Bt* a predadores, 70 deles mostraram pouco ou nenhum efeito (Glare & O'Callaghan, 2000).

Mas, modificações das cadeias tróficas dentro dos ecossistemas devido à presença dos transgênicos, já foram observadas em vários trabalhos. Em experimentos em laboratório, Hilbeck e colaboradores (1998) demonstraram que 57% das larvas de *C. carnea*, um neuróptero predador que atua dentro do ecossistema como agente de controle biológico, morreram ao se alimentar de dieta contendo *B. thuringiensis*. Ramírez-Romero e colaboradores (2008) demonstraram que o comportamento das abelhas foi afetado quando exposto à alta concentração de proteína CRY1Ab. Rosi-Marshall e colaboradores (2007) observaram que a diminuição da taxa de crescimento ou mesmo a mortalidade de espécies que vivem na água são efeitos ecológicos potenciais das toxinas produzidas pelo milho transgênico. Bohn e colaboradores (2010) demonstraram que alimentos vindos de cultivos transgênicos para ambientes aquáticos, diminuíram o valor adaptativo do crustáceo *D. magna*, um organismo não-alvo que está na base da cadeia alimentar marinha.

Glare & O'Callaghan (2000) enfatizam que embora os efeitos prejudiciais dos transgênicos à base de *B. thuringiensis* sobre os inimigos naturais sejam mínimos e/ou significativamente menores que

os dos agrotóxicos, esses não podem ser desprezados. Estes autores ressaltam que novos estudos devem ser desenvolvidos em regiões onde essa tática é empregada. É importante lembrar que a maioria destes trabalhos foi realizada em laboratório, em condições controladas, e que poucos estudos foram realizados em campo.

Marvier e colaboradores (2007) em uma meta-análise de 42 experimentos de campo mostraram que invertebrados não-alvo são geralmente mais abundantes em plantações de algodão e milho transgênico do que em plantações com uso de inseticidas. No entanto, em comparação com plantações não transgênicas e livres de inseticidas, invertebrados não-alvo são menos abundantes em plantações transgênicas.

Reforçando as diferenças na estrutura da comunidade de Scarabaeinae, foram também encontradas diferenças na distribuição dos grupos funcionais pelos fragmentos em meio ao milho transgênico e convencional. Davis e colaboradores (2001), trabalhando com comunidades de Scarabaeinae em Bornéu, observaram que a distribuição de espécies ao longo de diferentes características ambientais pode mostrar discretas associações típicas a biótipos particulares dentro da paisagem. Dessas associações emergem espécies indicadoras, que podem identificar níveis de respostas para distúrbios antropogênicos em ecossistemas florestais.

No presente estudo, o grupo funcional dos residentes foi mais representativo nos fragmentos em meio a milho transgênico, o que pode ter sido um reflexo da diminuição dos outros grupos funcionais, principalmente os escavadores. Ao diminuir a competição pelos recursos devido à diminuição da abundância de escavadores, supõe-se que os residentes encontrem mais recursos disponíveis e tenham assim maiores taxas reprodutivas (Hanski & Cambefort, 1991; Halffter *et al.*, 1992). Assim, *Eurysternus francinae* e *Eurysternus parallelus* (ambos residentes), apesar de pertencerem a um grupo funcional que, em geral, apresenta espécies pouco abundantes na comunidade de escarabeíneos, foram espécies indicadoras de fragmentos próximos ao milho transgênico. *E. francinae* só não ocorreu em dois destes fragmentos (2T e 3T), possivelmente devido às menores altitudes em que se encontravam, já que esta espécie é característica de altitudes maiores (Génier, 2009). Sabe-se que as espécies de *Eurysternus* têm preferência por áreas florestadas às áreas de campos abertos, já que são mais suscetíveis às condições adversas do meio pelo fato de permanecerem dentro do recurso alimentar e não no solo (Doube, 1991).

É comum que os residentes sejam dominantes em ambientes com solos onde a escavação se torna difícil ou o assentamento no solo é impossível por outras razões (Hanski & Cambefort, 1991). Diferenças no tipo de solo, devido às rochas-mãe, podem chegar a explicar boa parte da diferença na composição das espécies, mas se, por outro lado, o número de escavadores e de rodadores é elevado, os residentes não tem chance de reprodução (Hanski & Cambefort, 1991). Portanto, um conjunto com todos os grupos funcionais maximiza o funcionamento do ecossistema (Slade *et al.*, 2007).

Desta forma, com a perda de escavadores e rodadores ocorre perda na remoção das fezes, na dispersão de sementes, na aeração edáfica e na incorporação de matéria orgânica no solo. Além disso, as fezes, e conseqüentemente as sementes, ficam expostas mais tempo, atraindo potenciais predadores de sementes (Estrada & Coates-Estrada, 1991; Andresen, 2002; Slade *et al.*, 2007). Assim, o grupo funcional dos residentes parece incapaz de compensar a perda dos escavadores em curto prazo.

A remoção das fezes e a dispersão das sementes são mais dependentes das propriedades funcionais e das combinações das espécies do que somente da riqueza (Slade *et al.*, 2007). Mesmo que os escavadores diurnos sejam mais especialistas, os escavadores noturnos parecem ser mais influentes em termos de funcionamento do ecossistema. Embora possa parecer que dentro de um grupo funcional as espécies são redundantes, as respostas das mesmas dentro desse grupo para as alterações ambientais podem diferir (Hooper *et al.*, 2002; Slade *et al.*, 2007). Isso tem implicações importantes na compreensão do funcionamento do ecossistema e como ele pode ser afetado pelas mudanças ambientais. Em áreas degradadas, quanto maior o número de espécies remanescentes do ecossistema original é provável que ocorra uma maior compensação de serviços ecossistêmicos (Yachi & Loreau, 1999). Com a perda de escavadores e alteração na proporção dos grupos funcionais, o papel dos besouros escarabeíneos na regeneração da floresta pode estar sendo modificado.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que houve diferenças significativas na estrutura da comunidade de besouros entre os dois tipos de fragmentos florestais, em meio ao milho transgênico e em meio ao milho convencional. O tamanho e a complexidade ambiental do fragmento influenciaram a estrutura da comunidade de besouros, mas não explicaram as diferenças da comunidade nos dois tipos de fragmentos.

O grupo funcional dos residentes foi mais representativo nos fragmentos em meio ao milho transgênico, o que em longo prazo pode afetar o funcionamento do ecossistema nesses fragmentos, já que a diminuição da abundância dos besouros do grupo funcional dos escavadores e dos rodadores afetará a remoção das fezes, a aeração do solo, a incorporação de matéria orgânica no solo e a dispersão secundária de sementes. Assim, os serviços ecossistêmicos dos escarabeíneos serão afetados, o que em longo prazo afetará a regeneração da comunidade florestal.

Portanto, o uso de milho transgênico em cultivos contíguos a fragmentos de Mata Atlântica está influenciando a comunidade de escarabeíneos, espécies não-alvo, modificando indiretamente os componentes do ecossistema dentro da cadeia trófica.

## REFERÊNCIAS

- Almeida SSP, Louzada JNC (2009) Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do cerrado e sua importância para a conservação. *Neotropical Entomology* 38: 32-43
- Andresen E (2002) Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. *Ecological Entomology* 27: 257-270.
- Balog A, Kiss J, Szekeres D, Szénasi Á, Markó V (2010) Rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. *Crop Protection* 29: 567-571.
- Barlow J, Gardner TA, Araújo IS, Ávila-Pires TC, Bonaldo AB, Costa JE, Esposito MC, Ferreira LV, Hawes J, Hernández MIM, Hoogmoed MS, Leite RN, Lo-Man-O-Hung NF, Malcom JR, Martins MB, Mestre LAM, Miranda-Santos R, Nunes-Gutjahr WL, Overal AL, Parry L, Peters SL, Ribeiro-Junior MA, Da Silva, MNF, Motta C, Peres CA (2007) Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*. USA 104(47): 18555-18560.
- Betz FS, Hammond BG, Fuchs RL (2000) Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis* - protected plants to control insect pests. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 32: 156-173.
- Bohn T, Traavik T, Primicerio R (2010) Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. *Ecotoxicology* 19: 419-430.
- Brower JE, Zar JH, Von Ende C (1998) *Field and laboratory methods for general ecology*. 4<sup>th</sup> Edition, Boston, WCB. McGraw-Hill.

- Clarke KR, Gorley RN (2001) Primer v5: User Manual/Tutorial. Plymouth, UK. 91p.
- Colwell RK (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5.1. University of Connecticut 22 p.
- Davis AJ, Holloway JD, Huijbregts H, Krikken J, Kirk-Spriggs AH, Sutton SL (2001) Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. *Journal of Applied Ecology* 38: 593-616.
- Davis ALV, Philips TK (2005) Effect of deforestation on a southwest Ghana dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the periphery of Ankasa Conservation Area. *Environmental Entomology* 34: 1081-1088.
- Doube BM (1991) Dung beetles of Southern Africa. In: HANSKI, I., CAMBEFORT, Y. (Eds.). *Dung Beetle Ecology*. Princeton: University Press. 133-155.
- Dowd PF (2000) Indirect reduction of ear molds and associated mycotoxins in *Bacillus thuringiensis* corn under controlled and open field conditions: utility and limitations. *Journal of Economic Entomology* 93(6): 1669-1679.
- Duan JJ, Marvier M, Huesing J, Dively G, Huang ZY (2008) A Meta-analysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS ONE* 3(1): e1415.
- Dufrene M, Legendre P (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs by the Ecological Society of America* 67(3): 345-366.

Emberlin J, Adams-Groom B, Tidmarsh J (1999) The dispersal of maize pollen *Zea mays* – A report based on evidence available from publications and internet sites. National Pollen Research Unit, University College, Worcester. Disponível em: [www.mindfully.org/GE/Dispersal-Maize-Pollen-UK.htm](http://www.mindfully.org/GE/Dispersal-Maize-Pollen-UK.htm)>Acesso em: 7 de julho de 2011.

Estrada A, Coates-Estrada R (1991) Howler monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 7:459-474.

Estrada A, Halfpeter G, Coates-Estrada R, Merritt DAJ (1993) Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 9: 45-54.

Estrada A, Anzures AD, Coates-Estrada R (1999) Tropical rain forest fragmentation, howler monkeys (*Alouatta palliata*) and dung beetles at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology* 48: 253-262.

Feer F (2000) Les Coléoptères coprophages et nécrophages (Scarabaeidae *s. str.* et Aphodiidae) de la forêt de Guyane Française: composition spécifique et structure des peuplements. *Annales Société Entomologique de France* 36: 29-43.

Ferry N, Mulligan E, Stewart C, Tabashnik B, Port G, Gatehouse A (2006) Prey-mediated effects of transgenic canola on a beneficial, non-target, carabid beetle. *Transgenic Research* 15(4): 501-514

Filgueiras BKC, Liberal CN, Aguiar CDM, Hernández MIM, Ianuzzi, L (2009) Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in a Tropical Atlantic Rainforest remnant. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(3): 422-427.

Filgueiras BKC, Ianuzzi L, Leal IR (2011) Habitat fragmentation alters the structure of dung beetle communities in the Atlantic Forest. *Biological Conservation* 144: 362-369.

Galindo-Leal C, Câmara IG (2003) Atlantic forest hotspots status: an overview, p. 3-11. In: Galindo-Leal, C. & Câmara, I. G. (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C.

Gardner TA, Barlow J, Araujo IS, Ávila-Pires TC, Bonaldo AB, Costa JE, Esposito MC, Ferreira LV, Hawes J, Hernández MIM, Hoogmoed MS, Leite RN, Lo-Man-Hung NF, Malcom JR, Martins MB, Mestre LAM, Miranda-Santos R, Nunes-Gutjahr AL, Overal WL, Parry L, Peters SL, Ribeiro-Junior MA, Da Silva MNF, Motta C, Peres CA (2008a) The cost-effectiveness of biodiversity surveys in Tropical Forests. *Ecology Letters* 11: 139-150.

Gardner TA, Hernández MIM, Barlow J, Peres CA (2008b) Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology* 45: 883-893.

Gill BD (1991) Dung beetles in American Tropical Forest, p. 211-229. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds.). *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton.

Glare TR, O'Callaghan M (2000) *Bacillus thuringiensis*: biology, ecology and safety. Chichester: John Wiley & Sons. 350 p.

Godfray HCJ, Lewis OT, Memmott J (1999) Studying insect diversity in the tropics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 354: 1811-1824.

- Gould F (1998) Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annual Review of Entomology* 43: 701-726.
- Halffter G, Matthews EG (1966) The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana* 12(14): 1-312.
- Halffter G, Edmonds WD (1982) The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach. *Man and the Biosphere Program UNESCO, México D.F.* 177 p.
- Halffter G (1991) Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomologica Mexicana* 82: 195-238.
- Halffter G, Favila E, Halffter V (1992) A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems. *Folia Entomologica Mexicana* 84: 131-156.
- Halffter G, Favila M (1993) The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rain forest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15-21.
- Halffter G, Arellano L (2002) Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica* 34(1): 144-154.
- Hanski I (1991) The dung insect community, p. 5-21. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds.). *Dung Beetle Ecology*. New Jersey, Princeton University Press, 481 p.

- Hanski I, Cambefort Y (1991) Competition in Dung Beetles, p.305-329. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds.). Dung Beetle Ecology. New Jersey, Princeton University Press, 481 p.
- Hanski I, Cambefort Y (1991) Dung beetle ecology. New Jersey, Princeton University Press. 481 p.
- Heinemann JA (2007) A Typology of the effects of (Trans)Gene flow on the conservation and sustainable use of genetic resources. Roma: FAO. 94 p.
- Hernández MIM, Vaz-de-Mello FZ (2009) Seasonal and spatial species richness variation of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae *s. str.*) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 607-613.
- Hilbeck A, Moar WJ, Pusztai-Carey M, Filipini A, Bigler F (1998) Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27(5): 1255-1263.
- Hofs JL, Schoeman A, Mellet M, Vaissayre M (2005) Impact of genetically modified cotton on the biodiversity of the insect fauna: the case of Bt cotton in South Africa. *International Journal of Tropical Insect Science* 25(2): 63-72.
- Hooper DU, Solan M, Symstad A, Díaz S, Gessner MO, Buchmann N, Degrange V, Grime P, Hulot F, Mermillod-Blondin F, Roy J, Spehn E,

Van Peer L (2002) Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning, p. 195-208. In: Inchausti, P., Loreau, M. & Naeem, S. (eds.). Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. Oxford University Press, Oxford, UK.

Hoyle M, Cresswell JE (2007) The effect of wind direction on cross-pollination in wind-pollinated GM crops. *Ecological Applications* 17: 1234-1243.

ISAAA. Executive Summary of Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010 Briefs No 35-2006. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/Resources/Publications/briefs/35/default.html>> Acesso em: setembro de 2010.

Klein BC (1989). Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70(6): 1715-1725.

Leite PF, Klein RM (1990) Geografia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociência. Rio de Janeiro: IBGE. 420 p.

Lopes J, Korasaki V, Catelli LL, Marçal VVM, Nunes MPBP (2011) A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. *Zoologia* 28: 72-79.

Louzada JNC, Lopes FS (1997) A comunidade de Scarabaeidae coprocófilos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Entomologia* 41(1): 117-121.

- Lovei GL, Andow DA, Arpaia S (2009) Transgenic insecticidal crops and natural enemies: a detailed review of laboratory studies. *Environmental Entomology* 38: 293-306.
- Lu Y, Wu K, Jiang Y (2010) Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science* 328: 1151-1154.
- Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Kareiva P (2007) A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on non-target invertebrates. *Science* 316, 1475-1477.
- Mascarenhas VJ, Lutrell RG (1997) Combined effect of sublethal exposure to cotton expressing the endotoxin protein of *Bacillus thuringiensis* and natural enemies on survival of bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Environmental Entomology* 26(4): 939-945.
- Medri IM, Lopes J (2001) Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e de área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 18(1): 135-141.
- Miller JC (1993) Insect natural history, multi-species interactions and biodiversity in ecosystems. *Biodiversity Conservation* 2: 233-241.
- Morelli E, González-Vainer P (1997) Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) inhabiting bovine and ovine dropping in Uruguayan prairies. *The Coleopterists Bulletin* 51: 197.
- Nichols E, Larsen T, Spector S, Davis AL, Escobar F, Favila M, Vulinec K (2007) Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation* 137: 1-19.

Nichols E, Gardner TA, Peres CA, Spector S (2009). Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. *Oikos* 118: 481-487.

Obrycki JJ, Losey JE, Taylor OR, Jesse, LCH (2001) Transgenic insecticidal corn: beyond insecticidal toxicity to ecological complexity. *BioScience* 51: 353-361.

Pandolfo C, Braga HJ, Silva Júnior VP, Massignam AM, Pereira ES, Thomé VMR (2002) Atlas Climático digital do estado de Santa Catarina (CD-ROM). Florianópolis: Epagri.

Ramírez-Romero R, Desneux N, Decourtye A, Chaffiol A, Pham-Delégue MH (2008) Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70: 327.

Ramos FA (2000) Nymphalid butterfly communities in an Amazonian forest fragment. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 35: 29-41.

Reuter H, Böckmann S, Breckling B (2008) Analysing cross-pollination studies in maize, p. 47-53. In: Breckling, B., Reuter, H. & Verhoeven, R. (eds.). *Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. Theorie in der Ökologie* 14. Frankfurt, Peter Lang.

Romeis J, Meissle M, Bigler F (2006) Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnology* 24(1): 63-71.

Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, Whiles MR, Evans-White M, Chambers C, Griffiths NA, Pokelsek J, Stephen ML (2007) Toxins in transgenic crop by products may affect headwater stream ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(41): 16204-16208.

Silva PG, Vaz-de-Mello FZ, Di Mare, RA (2011) Guia de identificação das espécies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) do município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 14: 329-345.

Scheffler PY (2005). Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 21: 9-19.

Slade EM, Mann DJ, Villanueva JF, Lewis OT (2007) Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. *Journal of Animal Ecology* 76: 1094-1104.

Southwood TRE (1994) *Ecological Methods: With Particular Reference to the Study of Insect Populations*. Chapman & Hall, London.

Spector S, Ayzama S (2003) Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical Forest-Savanna Ecotone. *Biotropica* 35(3): 394-404.

Statsoft (2001) *Statistica for Windows (Data Analysis Software System)*, version 6.0. Tulsa, Oklahoma (USA).

Yachi S, Loreau M (1999) Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 96: 1463-1468.

Wall DH, Moore JC (1999) Interactions underground: soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. *Bioscience* 49: 109-117.

## CONCLUSÕES GERAIS

A alta riqueza de besouros Scarabaeinae encontrada em fragmentos florestais de Mata Atlântica no interior do estado de Santa Catarina, com 33 espécies, acrescenta dados importantes para o conhecimento da biologia e ecologia das espécies desta subfamília. As espécies encontradas apresentaram diversas características em relação ao comportamento alimentar e à funcionalidade dentro do ecossistema, variando desde pequenas espécies escavadoras até grandes roladoras, o que certamente contribui com a manutenção dos serviços ecossistêmicos, já que os escarabeíneos, ao participar do ciclo de nutrientes, favorecem a ciclagem da matéria orgânica em decomposição.

Os resultados mostraram que houve diferenças significativas na estrutura das comunidades de besouros entre os dois tipos de fragmentos, no meio do milho transgênico e no meio do milho convencional. O tamanho e a complexidade ambiental do fragmento influenciaram a estrutura da comunidade de besouros, mas não explicaram as diferenças da comunidade nos dois tipos de fragmentos (contíguos ao milho convencional e ao transgênico).

O grupo funcional dos residentes foi mais representativo nos fragmentos em meio ao milho transgênico, o que em longo prazo pode afetar esses fragmentos como um todo, já que a diminuição de escavadores e rodadores poderá afetar tanto a remoção das fezes como a aeração do solo e a incorporação de matéria orgânica, assim como a dispersão secundária de sementes. Desta forma, os serviços ambientais proporcionados pelos escarabeíneos serão afetados, o que em longo prazo poderá vir a afetar a regeneração da floresta.

Este trabalho foi o primeiro a ser realizado com escarabeíneos e transgênicos, o que traz informações importantes sobre o efeito dos transgênicos em organismos não-alvo e vêm fornecer um aporte para discussões sobre os efeitos dos transgênicos em organismos associados por meio da cadeia trófica.

Desta forma, futuras ações políticas, agrícolas e ambientais, terão disponíveis estas informações para a escolha de áreas prioritárias de conservação, em uma região onde a atividade antrópica, principalmente com grandes áreas de monocultura, cada vez mais ameaça os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista da região.



**Apêndice A** - Lista das espécies de Scarabaeinae (Coleptera) coletadas em 20 fragmentos florestais de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC, em fevereiro de 2011. Abundância, Riqueza e Diversidade Shannon por fragmento.

Espécies	Fragmentos em meio ao milho convencional											Fragmentos em meio ao milho transgênico											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total conv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total trans	Total
<i>Canthidium aff. breve</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Canthidium aff. trinodosum</i>	1	1	0	0	0	1	0	1	5	8	17	3	1	4	0	2	0	2	1	3	0	16	33
<i>Canthidium cavifrons</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	10	5	16	1	8	3	0	0	0	0	0	2	1	15	31
<i>Canthidium aff. dispar</i>	1	0	0	3	1	0	0	0	4	2	11	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	6	17
<i>Canthidium moestum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	4
<i>Canthon aff. chalybaeus</i>	2	5	9	4	9	3	2	2	8	11	55	1	4	0	8	2	4	0	4	0	3	26	81
<i>Canthon ibarra-grassoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	4	
<i>Canthon aff. luctuosus</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	4	9	
<i>Canthon aff. oliverioi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	3	
<i>Canthon aff. latipes</i>	58	5	4	1	0	8	6	5	4	2	93	2	18	2	2	3	4	1	1	2	3	19	119
<i>Canthon lividus</i>	2	3	6	3	9	0	1	0	0	0	24	0	0	0	3	1	5	0	1	0	0	10	34
<i>Coprophanaeus saphirinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	3	9	
<i>Deltochilum brasiliense</i>	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1	6	0	0	0	2	1	0	2	2	2	9	27	
<i>Deltochilum cristatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6	1	0	0	0	3	0	6	0	5	3	18	
<i>Deltochilum riehli</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Continuação Apêndice 1- Lista das espécies de Scarabaeinae.....																							
<i>Dichotomius aff.sericeus</i>	0	0	0	1	0	0	0	6	23	45	<b>75</b>	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{1}$	0	0	0	0	0	0	<b>25</b>	<b>100</b>	
<i>Dichotomius bicuspis</i>	5	2	2	0	0	0	0	0	1	0	<b>10</b>	0	6	0	2	1	1	0	0	1	3	<b>14</b>	<b>24</b>
<i>Dichotomius fissus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<b>2</b>	<b>2</b>
<i>Dichotomius luctuosus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Eurysternus calligrammus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Eurysternus caribaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Eurysternus francinae</i>	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	<b>4</b>	1	0	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{5}$	5	$\frac{5}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	12	<b>165</b>	<b>169</b>
<i>Eurysternus parallelus</i>	6	0	1	0	0	0	0	2	7	9	<b>25</b>	$\frac{2}{6}$	11	$\frac{1}{5}$	3	1	0	$\frac{1}{0}$	0	$\frac{1}{5}$	2	<b>83</b>	<b>108</b>
<i>Homocopris</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	<b>6</b>	5	4	9	0	0	0	0	0	0	0	<b>18</b>	<b>24</b>
<i>Malagoniella virens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>1</b>
<i>Ontherus azteca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>Ontherus sulcator</i>	1	0	1	$\frac{1}{1}$	7	1	3	1	0	0	<b>25</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>	<b>26</b>
<i>Onthophagus aff. hirculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	1	2	0	4	0	0	0	1	<b>8</b>	<b>8</b>
<i>Onthophagus tristis</i>	43	9	8	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{3}$	7	$\frac{1}{0}$	6	29	<b>167</b>	2	0	$\frac{1}{7}$	0	1	1	4	2	9	1	<b>37</b>	<b>204</b>
<i>Onthophagus catharinensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	4	1	<b>17</b>	<b>17</b>	
<i>Sulcophanaeus menelas</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>	<b>10</b>
<i>Uroxys aff. terminalis</i>	76	3	0	7	6	3	1	0	0	1	<b>97</b>	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	<b>5</b>	<b>102</b>
<i>Uroxys</i> sp	$\frac{10}{9}$	0	0	9	$\frac{1}{5}$	6	3	0	9	2	<b>153</b>	4	14	$\frac{3}{1}$	0	1	0	0	1	0	0	<b>51</b>	<b>204</b>

Continuação Apêndice 1- Lista das espécies de Scarabaeinae.....																								
N	30 9	3 1	3 4	6 5	6 6	3 9	2 5	3 1	83	122	<b>805</b>	7 1	70	1 1 8	8 6	4 0	2 7	1 1 1	4 4	6 7	63	<b>697</b>	<b>1502</b>	
S	15	9	1 0	1 0	8	9	9	1 0	14	14	<b>27</b>	1 6	11	1 1	1 0	1 1	1 0	1 0	1 0	1 3	14	<b>28</b>	<b>33</b>	
H'	1.6 5	1 9	1 9	1 8	1 8	1 8	1 9	1 2	2.2	1.93	<b>2,395</b>	2. 1 2	2.0 3	1 9	1 5	1 6	2 8	1 0	1 5	1 6	2 1	2.14	<b>2,583</b>	

**Apêndice B - Medidas ambientais coletadas em 20 fragmentos florestais de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC, em fevereiro de 2011.**

	Fragmentos em meio ao milho convencional										Fragmentos em meio ao milho transgênico									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dist árvore (m)	2.51	2.63	1.72	2.64	1.56	1.61	2.55	2.39	1.86	2.04	2.38	2.01	2.12	2.17	2.37	1.37	2.35	2.17	1.81	2.37
AB árvores (cm2)	142	107	97.7	359	111	109	487	97.4	346.	533	123	614	332	227	215	179	140	190	240	60.5
Altura árvore (m)	4.46	6.31	6.27	8.68	5.59	7.5	9.37	6.56	8.06	5	12.8	12.0	7.28	7.93	7.26	6.12	7.81	7.78	7.93	6.43
Dist arbusto	0.75	1.47	1.47	2.53	2.41	1.2	1.22	1.95	1.01	1.09	0.94	1.67	0.86	2.46	1.63	1.03	2.25	3.84	0.97	2.17
AB arbustos (cm2)	4.26	2	7.46	5.78	1	5	3.55	0	5.23	47	5.08	7.38	4.45	5.28	2.16	4.33	3.12	3.40	2.94	5.95
Altura arbusto (m)	2.12	2.75	3.47	1.41	1.95	4.01	1.4	2.44	2.73	2	1.95	2.02	2.20	1.83	1.28	2.42	1.72	1.658	1.78	2.36
Serrapilheira	3.68	3.56	3.12	2.25	2.25	2.56	2.75	3.81	3.37	3.68	3.5	3.18	3	3.31	4	3.06	3.437	3.37	3.56	3
CV	26.2	37.5	62.5	85	85	37.5	37.5	37.5	37.5	8.75	37.5	62.5	15	50	50	37.5	37.5	85	26.25	62.5
CS	73.7	85	37.5	38.7	15	62.5	62.5	62.5	85	62.5	37.5	73.7	37.5	37.5	37.5	50	15	62.5	62.5	62.5
CSEX	2.5	8.75	2.5	2.5	2.5	2.5	15	15	15	15	15	2.5	15	8.75	2.5	15	15	8.75	15	2.5
Dssl	50	62.5	62.5	62.5	50	85	62.5	62.5	62.5	62.5	73.7	62.5	62.5	50	62.5	50	62.5	62.5	62.5	62.5
Área (m2)	186	116	566	114	190	261	250	289	119	250	210	177	272	930	238	376	355	424	354	138
Perímetro (m)	202	483	313	133	172	320	188	207	516	983	828	159	199	440	923	314	3429	249	1099	637
Distância próximo fragmento (m)	232	235	233	40	40	81	223	125	25	25	87	88	284	140	273	175	126	140	36	134

**Apêndice C** - Mapa dos 20 fragmentos florestais de Mata Atlântica na região de Campos Novos, SC.  
Trans = fragmentos em meio ao milho transgênico. Conv = fragmentos em meio ao milho convencional.

